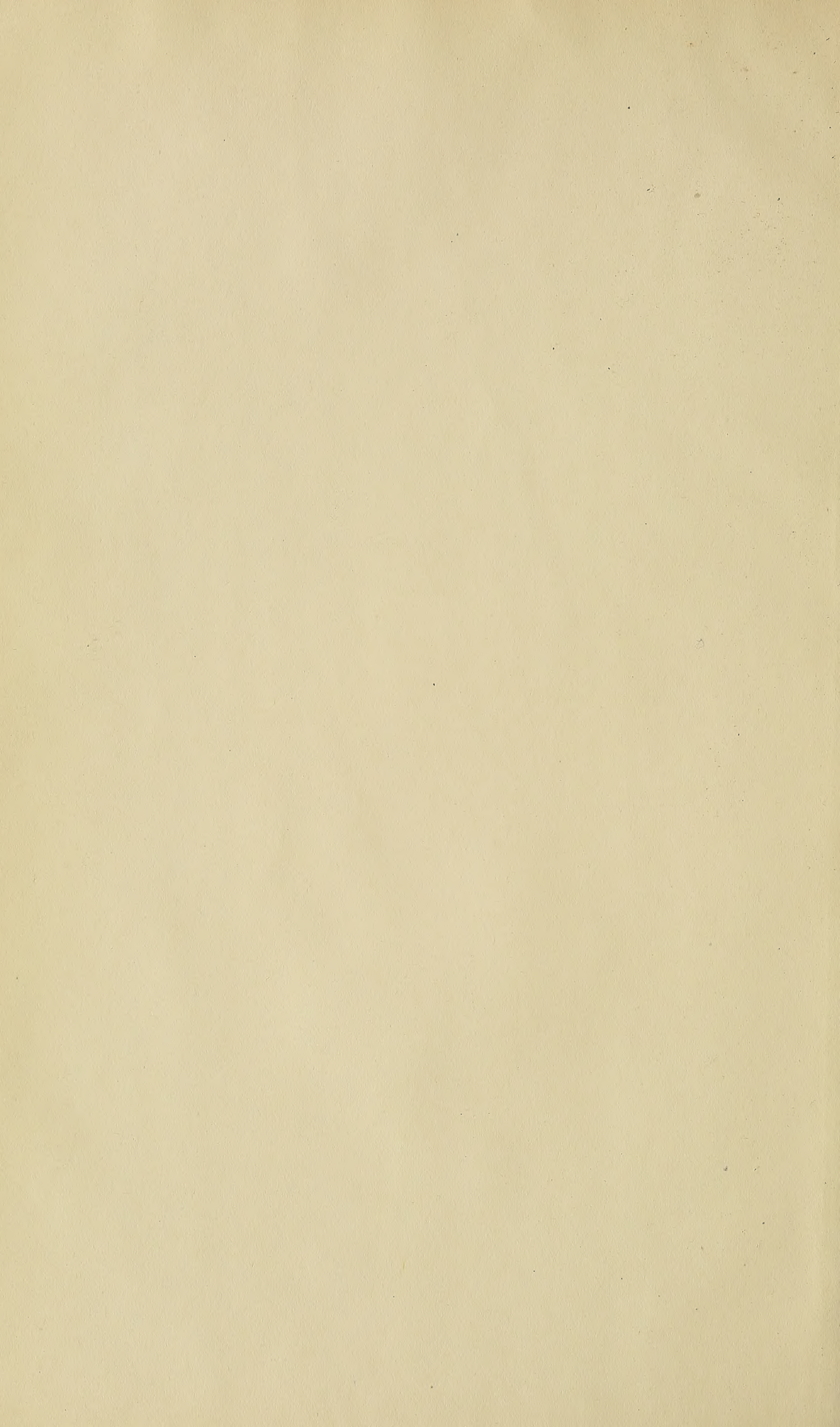
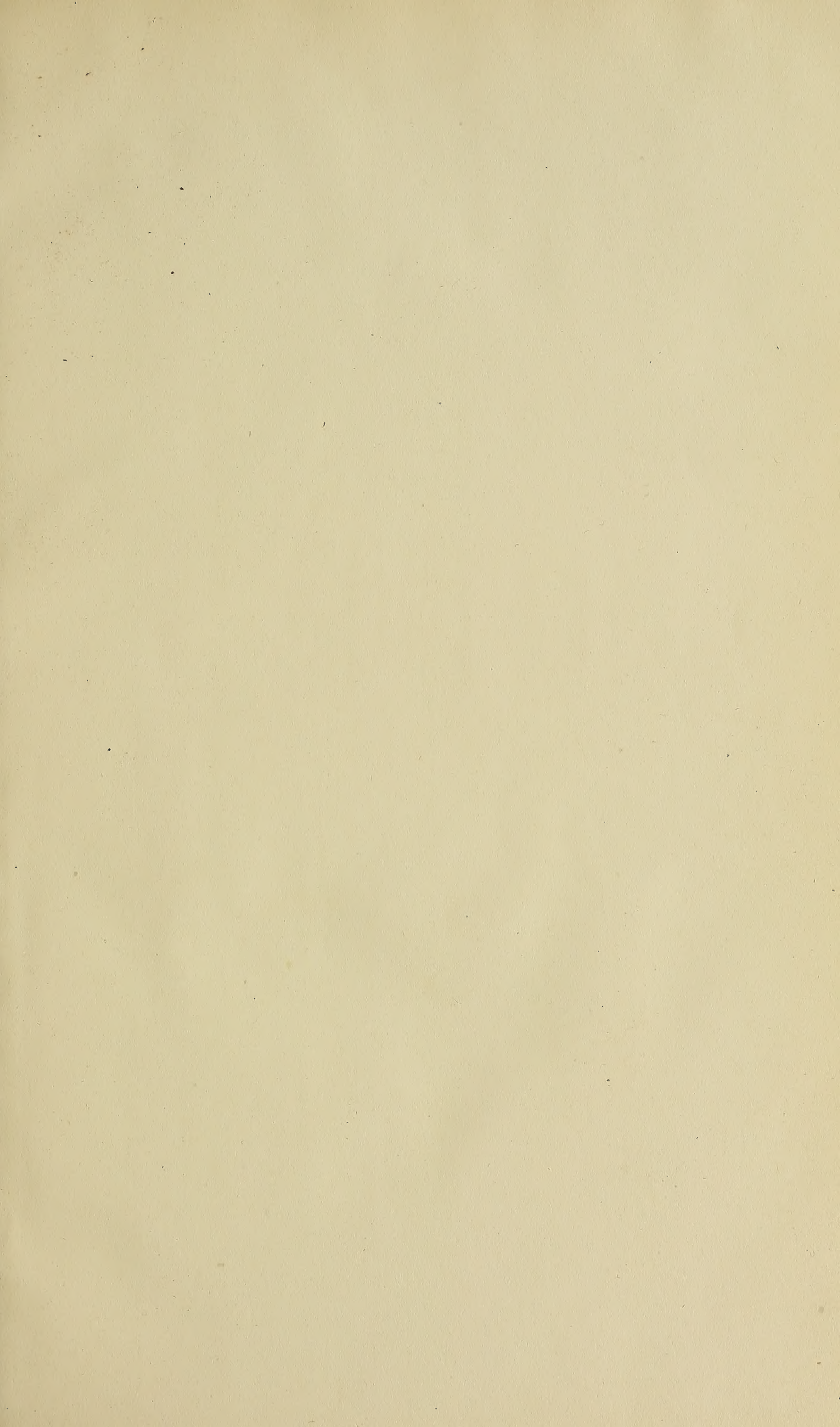
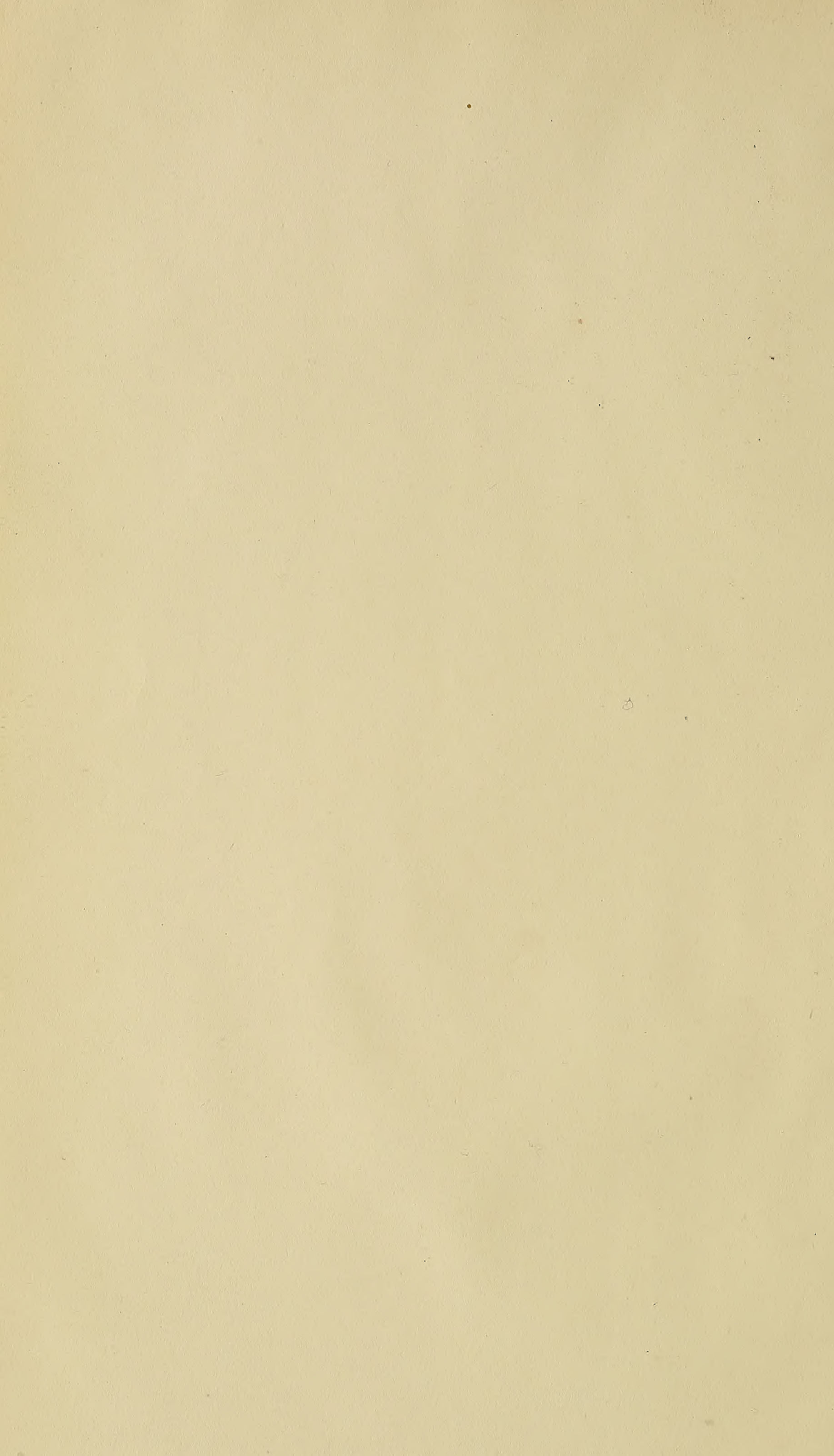




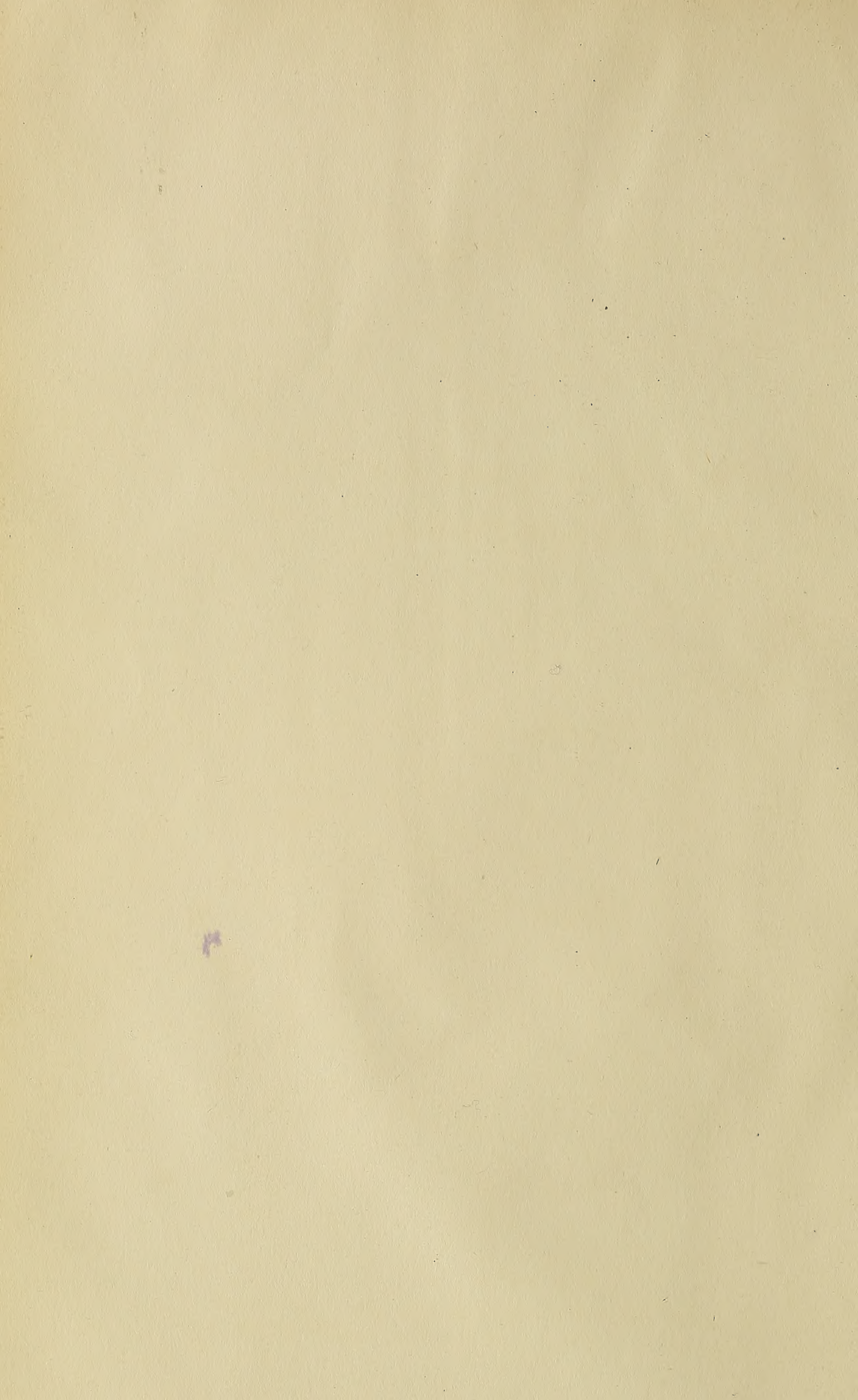












Sitzungsberichte

der

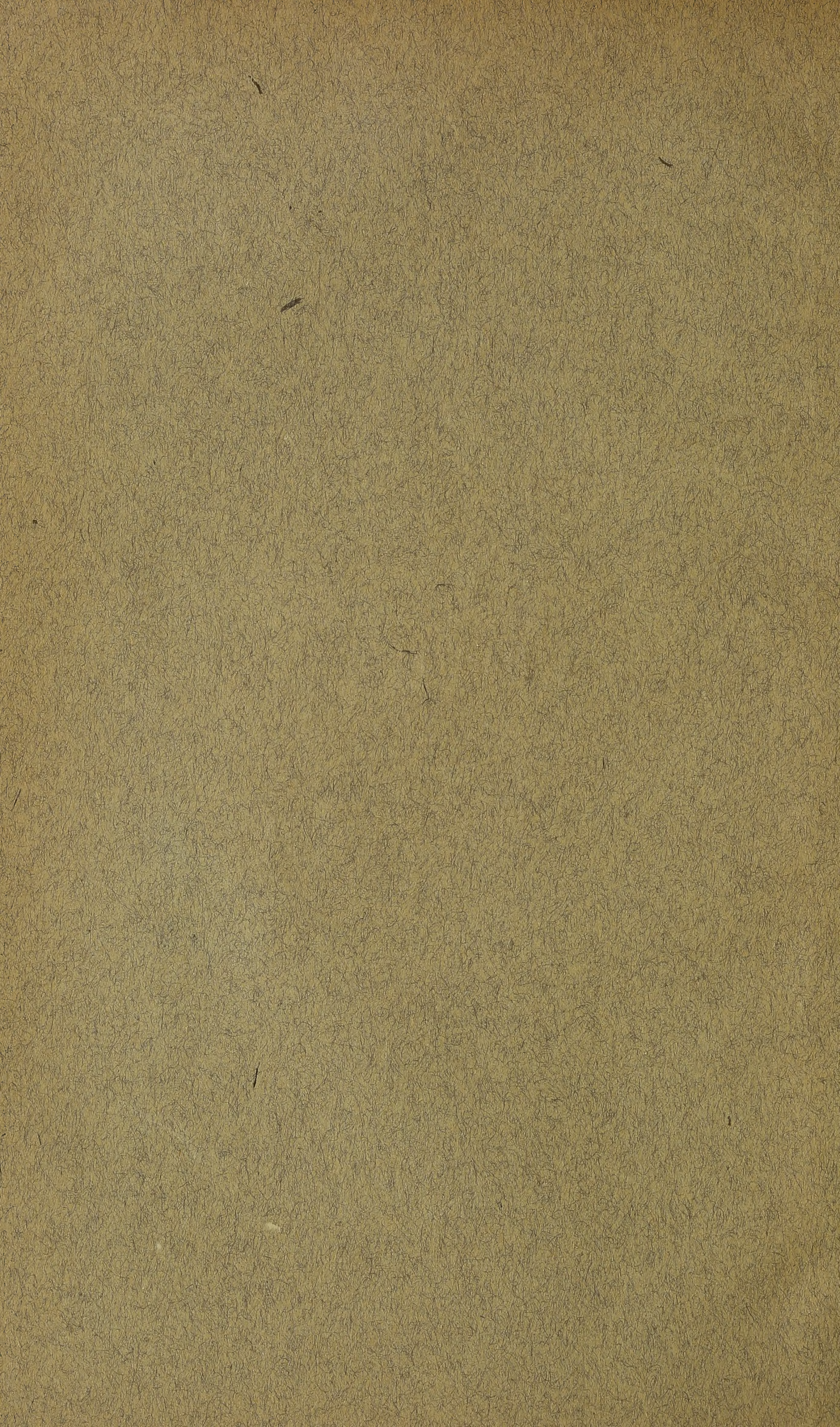
Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1919

Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
Im Kommissionsverlag der N. G. Elwert'schen Verlagsbuchhandlung (G. Braun)
1920.



Sitzungsberichte

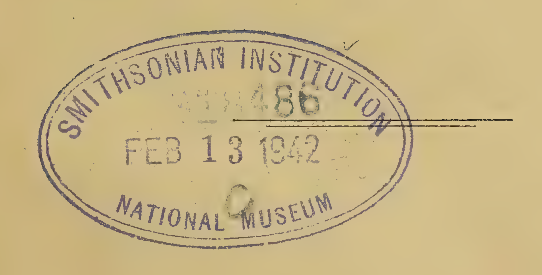
der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1919



Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
Im Kommissionsverlag der N. G. Elwert'schen Verlagsbuchhandlung (G. Braun)
1920.

Inhalt.

Verzeichnis der Mitglieder*)

(am Schluß des Jahres 1919).

Ehrenmitglieder.

Marchand, Felix, Dr. med., o. Professor der pathol. Anatomie, Geh. Med.-Rat, Leipzig 19. 12. 00

Kayser, Emanuel, Dr. phil., o. Prof. em. der Geologie, Geh. Reg.-Rat, München 23. 10. 18 (13. 1. 86)

Einheimische Mitglieder.

A. Ordentliche.

Ahlfeld, Friedrich, Dr. med., o. Prof. em. d. Gynäkol., Geh. Med.-Rat 11. 7. 83

v. Auwers, Karl, Dr. phil., o. Prof. der Chemie, Geh. Reg.-Rat . 17. 12. 13

v. Bergmann, Gustav, Dr. med., o. Professor der inn. Medizin . . 10. 5. 17

Bielschowsky, Alfred, Dr. med.. o. Professor der Augenheilkuude, Geh. Med.-Rat 6. 3. 14 (30. 7. 13)

Bonhoff, Heinrich, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Geh. Med.-Rat 9. 3. 04 (8. 11. 99)

Feussner, Wilhelm, Dr. phil., o. Hon.-Professor der theoretischen Physik, Geh. Reg.-Rat 14. 7. 81 (10. 6. 69)

Gadamer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der pharmazeut. Chemie Geh. Reg.-Rat 28. 5. 19 (9. 3. 98)

Göppert, Ernst, Dr. med., o. Professor der Anatomie 22. 10. 19 (4. 12. 12)

Gürber, August, Dr. med. et phil., o. Professor d. Pharmakologie 28. 6. 11 (9. 12. 08)

Hensel, Kurt, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik Geh. Reg.-Rat . 10. 12. 02

Hildebrand, Heinrich, Dr. med,, o. Hon.-Professor der gerichtl. Medizin, Geh. Med.-Rat 12. 5. 15 (14. 12. 04)

Hofmann, Franz, Dr. med., o. Prof. d. Physiologie, Geh. Med.-Rat 21. 6. 16

Jaensch, Erich, Dr. phil., o. Professor der Philosophie 10. 3. 15 (11. 6. 13)

Korschelt, Eugen, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Geh. Reg.-Rat 26. 7. 93

Kutscher, Friedrich, Dr. med., a. o. Professor der Physiologie . 12. 2. 08 (16. 2. 98)

Löhlein, Max, Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie . . 10. 7. 18

Meyer, Arthur, Dr. phil., o. Professor der Botanik, Geh. Reg.-Rat 4. 11. 91

---

* Die Daten bedeuten den Tag der Ernennung, die in Parenthese gesetzten Daten den Tag der Ernennung zum außerordentlichen Mitglied.

Müller, Eduard, Dr. med., a. o. Prof., Direktor der med. Poliklinik 7. 5. 11 (9. 2. 10)
Ostmann, Paul, Dr. med., o. Hon.-Prof. d. Otologie, Geh. Med.-Rat 13. 11. 95
Richarz, Franz, Dr. phil., o. Professor der Physik, Geh. Reg.-Rat 15. 5. 01
Schmidt, Ernst, Dr. phil., o. Professor der pharmazeut. Chemie, Geh. Reg.-Rat 11. 3. 85
Schulze, Franz Arthur, Dr. phil., Prof., a. o. Prof. der theor. Physik 5. 8. 08 (31. 7. 01)
Schultze Jena, Leonhard, Dr. phil., o. Professor der Geographie . 7. 5. 13
Thiel, Alfred, Dr. phil., o. Professor der physikalischen Chemie . 8. 5. 12 (10. 3. 11)
Tuczek, Franz, Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Geh. Med.-Rat 15. 5. 95 (14. 3. 90)
Wedekind, Rudolf, Dr. phil., o. Prof. d. Geologie u. Paläontologie 12. 12. 17
Weigel, Otto, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie 10. 7. 18 (9. 2. 16)
Wollenberg, Robert, Dr. med., o. Professor der Psychiatrie und Neurologie, Geh. Med.-Rat 28. 5. 19
Zangemeister, Wilhelm, Dr. med., o. Professor der Gynäkologie . 28. 6. 11
Zincke, Theodor, Dr. med., o. Prof. em. der Chemie, Geh. Reg.-Rat 13. 1. 76

B. Außerordentliche.

Berlin, Ernst, Dr. phil., Assistent am physiologischen Institut . 26. 6. 11
Blanckenhorn, Max, Professor Dr., Landesgeologe 15. 1. 13
Brand, Walter, Dr. phil., Studienrat, Oberlehrer 19. 2. 13
v. Dalwigk, Friedrich, Dr. phil., Prof., Privatdozent der reinen und angewandten Mathematik 9. 5. 00
Esch, Peter, Dr. med., Professor, Privatdozent 20. 11. 13
Frey, Ernst, Dr. med , Professor, Privatdozent 30. 7. 13
Grüter, Wilhelm, Dr. med., Frofessor, Privatdozent, Assistent an der Augenklinik 28. 6. 11
Harms, Wilhelm, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Zoologie 7. 6. 10
Jahrmärker, Max, Dr. med., Professor, Privatdozent, Direktor der Landesheilanstalt 10. 2. 04
Katsch, Gerhard, Dr. med., Professor, Privatdozent 29. 5. 18
Kauffmann, Oskar, Hauptmann d. L., Forschungsreisender . . . 13. 12 11
Knabe, Dr. phil., Geh· Reg.-Rat, Direktor der Oberrealschule . . 19. 2. 19
Körner, Theodor, Dr. phil., Chemiker 21. 3. 17
Kreckwitz, Hans, Dr. med., Assistent an der medizin. Poliklinik . 24. 6. 14
Löning, Fritz, Professor, Dr. med., Privatdozent 9. 7. 13
Nordhausen, Max, Dr. phil., a. o. Professor der Botanik . . . 12. 5. 12
Reissert, Arnold, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Chemie . 11. 2. 03
Rick, Dr. med., Assistent an der Frauenklinik 24. 6. 14
Rieländer, August, Dr. med., Prof., Privatdozent der Gynäkologie 13. 6. 06
Rohmer, Paul, Dr. med., Privatdozent 17. 12. 13
Schenck, Martin, Dr. med. et phil., Privatdozent, Professor, Assistent am pharmazeut. Institut 28. 6. 11
Schwantke, Arthur, Dr. phil., Professor, Privatdozent, Assistent am mineralogischen Institut 21. 6. 99
Siebert, Karl, Dr. phil., Chemiker 14. 5. 02
Strecker, Wilhelm, Dr. phil., a. o. Professor der Chemie 6. 3. 14
Strieder, Franz, Dr. phil., Assistent am physikalischen Institut . 10. 7. 18
Stuchtey, Karl, Dr. phil., Privatdozent, Assist. am physik. Institut 9. 12. 08
Take, Emil, Professor, Dr. phil., Privatdozent, Assistent am physikalischen Iustitut 9. 12. 08

Tönniges, Karl, Dr. phil., Professor, Assistent am zoolog. Institut 16. 2. 98
Veit, Otto, Dr. med., Privatdozent, Professor, I. Prosektor . . . 28. 7. 09
Wagener, Oskar, Dr. med., a. o. Professor der Otologie 12. 12. 17
Wilson, Karl, Geh. Reg.-Rat 19. 2. 19
Wintzer, Paul, Dr. med., prakt. Arzt 13. 5. 14

Auswärtige Mitglieder.*)

Ach, Narciss, Dr. med. et phil., Prof. der Philosophie, Königsberg (8. 2. 05)
Ackermann, Dankwart, Dr. med., Professor, Privatdozent der Physiologie, Würzburg . . . . (5. 8. 08)
Andrée, Karl, Dr. phil., a. o. Professor der Geologie, Königsberg (4. 8. 10)
Aschoff, Ludwig, o. Prof. der patholog. Anatomie, Freiburg i. Br. 17. 6. 03
Axenfeld, Theodor, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Freiburg i. Br. (15. 1. 96)
Barth, Adolf, Dr. med., o. Professor der Otologie, Leipzig . . 4. 11. 91
Barth, Arthur, Dr. med., Professor, Oberarzt, Danzig . . . . (13. 11. 95)
Beneke, Rudolf, Dr. med., o. Professor der path. Anatomie, Halle 14. 11. 06
Berblinger, Walter, Professor, Dr. med., Privatdozent, Kiel . . (8. 2. 05)
Böhm, Rudolf, Dr. med., o. Professor der Pharmazie, Geh. Med.-Rat, Leipzig 20. 5. 81
**Börsch, Anton,* Dr. phil., Geh. Rat, Homberg a. d. Efze . . . 23. 10. 18
Borrmann, Robert, Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Braunschweig . . . . (14. 5. 02)
Brauer, Ludolf, Dr. med., o. Professor, Direktor der medizinischen Klinik in Hamburg-Eppendorf . . . . (14. 12. 04)
**Breithaupt, Wilhelm,* Dr. ing. h. c., Cassel 23. 10. 18
Brauns, Reinhard, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Geh. Berg-Rat, Bonn . . . . (27. 1. 88)
Bruns, Oskar, Dr. med., a. o. Prof. der inn. Medizin, Göttingen . (28. 6. 11)
Buchholz, Adolf, Dr. med., Professor, Hamburg 8. 12. 97
Busz, Karl, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Münster . . (19. 6. 95)
Cloos, Hans, Dr. phil., o. Professor der Geologie u. Paläontologie, Breslau 10. 3. 15
Diels, Ludwig, Dr. phil., Kustos am botanischen Museum, a. o. Professor an der Universität, Berlin-Dahlem 28. 6. 11
(28. 7. 09)
Dietrich, Theodor, Dr. phil., Professor, Geh. Reg.-Rat, Hannover (15. 1. 96)
Drevermann, Fritz, Dr. phil., Professor, Frankfurt a. M. . . . (11. 2. 03)
Enderlen, Eugen, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Heidelberg 12. 2. 97
**Eysell, Adolf,* Dr. med., Geh. Sanitätsrat, Cassel 23. 10. 18
Falk, Ferdinand August, Dr. med., a. o. Prof. d. Pharmazie, Kiel 28. 4. 75
**Fennel, Adolf,* Inhaber der Firma Otto Fennel Söhne, Cassel . (23. 10. 18)
Fischer, Guido, Dr. phil., a. o. Professor der Zahnheilkunde, Hamburg 28. 6. 11
Fraenkel, Karl, Dr. med., o. Professor der Hygiene, Halle . . . 4. 11. 91
Fries, Karl, Dr. phil., o. Professor der Chemie, Braunschweig . . 10. 3. 15
(9. 3. 04)
Fuëter, Rudolf, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Zürich . (3. 5. 07)
Goebel, Karl, Dr. phil., o. Professor der Botanik, München . . . 27. 1. 88
**Guder,* Dr. med., Geh. Med.-Rat, Kreisarzt, Laasphe 23. 10. 18
Hagemann, Richard, Dr. med., Professor, Privatdozent, Würzburg 13. 5. 14

---

*) Die mit einem * bezeichneten sind korrespondierende, die sämtlichen übrigen ehemalige einheimische Mitglieder.

Haselhoff, Emil, Dr. phil., Professor, Direktor der landwirtsch. Versuchsstation, Cassel . . . . (11. 2. 03)
Häcker, Rudolf, Dr. med., Professor, Oberarzt der chirurgischen Klinik, Essen . . . . (7. 6. 10)
Heffter, Arthur, Dr. phil. et med., o. Professor der Pharmakologie, Berlin 14. 11. 06
Heine, Leopold, o. Professor der Ophthalmologie, Kiel . . . . (18. 1. 99)
Hellinger, Ernst, Dr. phil., a. o. Professor der Mathematik, Frankfurt a. M. . . . . (12. 1. 10)
**Heraeus, Wilhelm,* Dr. phil., Leiter der Firma W. C. Heraeus, Hanau 23. 10. 18
Hermann, Theodor, Dr. phil., Hanau . . . . (2. 7. 68)
v. Hess, Karl, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, München 11. 11. 96
Hess, Otto, Dr. med., Professor, Oberarzt, Posen . . . . (25. 6. 02)
**Heusler, Fritz,* Dr. phil., Hüttendirektor, Dillenburg 8. 2. 05
Hohmeier, Friedrich, Dr. med., Frofessor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Coblenz . . . . (24. 6. 14)
Hürter, Jakob, Dr. med., Professor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Mainz 17. 12. 13
Jores, Leonhard, Dr. med., o. Professor, Direktor des patholog. Instituts, Kiel 9. 7. 13
Jung, Heinrich, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Halle . . (13. 12. 05)
Keller, Oskar, Dr. phil., a. o. Professor der pharmaz. Chemie, Jena 28. 6. 11
König, Friedrich, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Würzburg 9. 7. 13
Kossel, Albrecht, Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Rat, Heidelberg 15. 5. 95
Krauss, Wilhelm, Dr. med., Professor der Augenheilkunde an der medizinischen Akademie, Düsseldorf . . . . (10. 7 07)
v. Krehl, Ludolf, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, Heidelberg 8. 11. 99
Küster, Ernst, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Berlin 4. 11. 91
Küttner, Hermann, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Breslau (8. 2. 05)
**Leitz, Ernst,* jun., Dr. phil. h. c., Wetzlar 23. 10. 18
Loewi, Otto, Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Graz . . (15. 5. 01)
Lotz, Heinrich, Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . (13. 12. 99)
Matthes, Max, Dr. med., o. Professor der i ıneren Medizin, Geh. Med.-Rat, Königsberg 28. 6. 11
Mcisenheimer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Leipzig 5. 8. 08
(16. 2. 98)
**Mense, Karl,* Dr. med., Professor, Cassel 23. 10. 18
Meyer, Hans, Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Wien . 11. 3. 85
Misch, Georg, Dr. phil., o. Professor der Philosophie, Göttingen . (30. 7. 13)
v. Müller, Friedrich, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, München 26. 7. 93
Neide, Ernst, Major a. D., Dr. phil., Allstedt, Sachsen-Weimar . (13. 1. 04)
Noll, Alfred, Dr. med., a. o. Professor der Physiologie, Jena . . (16. 2. 98)
Obst, E., Dr. phil., a. o. Professor der Geographie, Breslau . . . (13. 11. 12)
Oestreich, Karl, Dr. phil., o. Professor der Geographie, Utrecht . (9. 3. 04)
Opitz, Erich, Dr. med., Prof., Direktor der Frauenklinik, Gießen . (13. 1. 04)
Pfannkuch, Wtlhelm, Dr. med., prakt. Arzt, Cassel . . . . . . (17. 1. 72)
Pfeffer, Wilhelm, Dr. phil., o. Professor der Botanik, Geh. Hofrat, Leipzig . . . . (27. 4. 71)
Plate, Ludwig, Dr. phil., o. Professor der Zoologie, Jena . . . (27. 1. 88)
Plenge, Enriqucz, Dr. med., Heidelberg . . . . (7. 3. 99)
Ransom, Frederick, Dr. med., Cambridge . . . . (7. 3. 99)

Rathke, Bernhard, Dr. phil., Professor der physik. Chemie, Meran . . . 14. 3. 84
**Rehn, Joh. Heinrich,* Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M. . . . 26. 11. 80
Ribbert, Hugo, Dr. med., o. Prof. der patholog. Anatomie, Bonn . 20. 6. 00
Romberg, Ernst, Dr. med., o. Professor der inn. Medizin, München 20. 6. 00
**Roser, Wilhelm,* Dr. phil., Professor, Höchst 23. 10. 18
Rost, Eugen, Dr. med., Regierungsrat, Berlin . . . . (16. 2. 98)
Rubner, Max, Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Med.-Rat, Berlin 13. 1. 86
Rühl, Alfred, Dr. phil., a. o. Professor der Geographie, Berlin . (28. 7. 09)
Rumpf, Theodor, Dr. med., Professor, Bonn 14. 3. 90
Rupp, Erwin, Dr. phil., o. Professor für Pharmazie, Königsberg . (14. 12. 04)
Ruppel, Wilhelm, Dr. phil., Professor, Höchst . . . . (18. 7. 00)
Sauerbruch, Ferdinand, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, München . . . . (7. 6. 10)
Schaum, Karl, Dr. phil., o. Professor der physik. Chemie, Gießen 13. 12. 05
(11. 8. 97)
Schenck, Rudolf, Dr. phil., o. Professor der Chemie, Geh. Reg.-Rat, Münster . . . . (11. 8. 97)
Schmidt, Martin, Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie, Würzburg 28. 6. 11
Schöne, Georg, Dr. med., Privatdozent für Chirurgie, Greifswald (7. 6. 10)
Schottelius, Max, Dr. med., o. Professor der Hygiene, Hofrat, Freiburg i. B. (11. 7. 79)
Schottky, Friedrich, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Geh. Reg.-Rat, Berlin 15. 5. 95
Schridde, Hermann, Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Dortmund . . . . (13. 12. 05)
Schwenkenbecher, Alfred, Dr. med., Professor, Direktor der medizinischen Klinik, Frankfurt a. M. . . . . (13. 5. 08)
Seddig, Max, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Physik, Frankfurt a. M. . . . . (17. 6. 03)
Siemens, Friedrich, Dr. med., Geh. Med.-Rat, Direktor der Landes-Irrenanstalt Lauenburg i. P. . . . . (19. 12. 79)
Stoeckel, Walter, Dr. med.. o. Professor, Direktor der gynäkolog. Klinik, Kiel . . . . (5. 8. 08)
Strahl, Hans, Dr. med., o. Professor der Anatomie, Gießen . . . 27. 1. 88
(14. 12. 80)
Straub, Walther, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Freiburg (13. 12. 05)
Study, Eduard, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Bonn . . (14. 3. 90)
Uthoff, Wilhelm, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau 4. 11. 91
**Vogt, Heinrich,* Dr. med., Professor, Wiesbaden 23. 10. 18
Wegener, Alfred, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Meteorologie und Astronomie, Hamburg 12. 5. 15
(28. 7. 09)
Wendel, Walther, Dr. med., Professor, Direktor des städtischen Krankenhauses, Magdeburg-Sudenburg . . . . (12. 2. 02)
Wernicke, Erich, Dr. med., Professor, Direktor des hygienischen Instituts in Posen 16. 2. 98
(10. 2. 97)
**Wortmann,* Geh. Rat, Professor Dr., Geisenheim 23. 10. 18
Ziegenbein, Hans, Dr. phil., Vorsteher des Nahrungsmittelamts, Stralsund . . . . (14. 5. 02)

Durch den Tod hat die Gesellschaft verloren:

von den Ehrenmitgliedern:

Retzius, Gustav, Professor emer. der Anatomie, Stockholm . . 18. 1. 99

von den ordentlichen Mitgliedern:

Gasser, Emil, Dr. med., o. Professor der Anatomie, Geh. Med.-Rat 27. 1. 88 (16. 7. 74)

von den auswärtigen Mitgliedern:

Herrmann, F., Dr. phil., Geologische Landesanstalt, Berlin . . . (1. 3. 11)

Der Vorstand.

F. Richarz, Vorsitzender. *F. A. Schulze,* ständiger Schriftführer.
A. Thiel, Schatzmeister. *R. Wedekind,* Schriftenleiter.*)

Engerer Ausschuß.

E. Korschelt, stellvertr. Vorsitzender. *J. Hofmann.* *F. Tuczek.*

*) Vom Jahre 1920 ab.

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg

Nr. 1 Februar 1919

Am 19. Februar fand eine ordentliche Sitzung gemeinsam mit dem Verein für hessische Landeskunde und Geschichte statt.

Herr Archivdirektor Dr. Küch hielt den Vortrag:

Vorgeschichtliche Siedelungen in der Umgebung Marburgs.

In der Wahlsitzung wird Herr Professor Dr. Nikolai Guleke zum ordentlichen Mitglied gewählt. Zu außerordentlichen Mitgliedern werden gewählt Herr Geheimrat Karl Wilson und Herr Geheimrat Direktor Dr. Knabe.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg.

Nr. 2 April 1919

In der ordentlichen Sitzung vom 7. April hielt zunächst Herr F. A. Schulze seinen angekündigten Vortrag:

Bestimmung der oberen Hörgrenze mit elektrischen Schwingungen

(nach Versuchen mit Herrn O. Feußner).

Bei den in neuerer Zeit erfundenen Schwingungserregern welche das Prinzip der Liebenröhre und den Empfang durch Überlagerung von zwei in der Frequenz nahen elektrischen Schwingungskreisen benutzen, die im Telephon einen der Differenz beider Eigenschwingungen gleichen Ton erregen (Heterodynempfang), lag bei der großen Intensität dieser Töne der Gedanken nahe, diese Tonerregung zur Bestimmung der oberen Hörgrenze zu verwenden. Durch stetige Veränderung der einen der beiden zunächst auf völlige Gleichheit abgeglichenen Schwingungskreise läßt man den Überlagerungston im Telefon von ganz tiefem Ton beginnend allmählich in der Höhe ansteigen und bestimmt diejenige Differenz der Schwingungszahlen der beiden Stromkreise, bei der der Ton eben verschwindet. Bei den benutzten Schwingungserregern war die Schwingungszahl in bekannter Weise durch Drehkondensatoren veränderlich. Jeder Schwingungskreis enthielt zwei Drehkondensatoren, je einen für Grob- und für Feinregulierung. Aus den Eichkurven wurde dann zu den Einstellungen der Drehkondensatoren die Schwingungszahl des im Telefon gehörten Tones entnommen. Dabei wurde die Ausgangsstellung der beiden zunächst auf Gleichheit ihrer Schwingungen gebrachten (also auf Verschwinden des Überlagerungstones in der Tiefe eingestellten) Schwingungskreise möglichst variiert. Die Eichkurve wurde durch Vergleich des Telefontones mit Stimm-

gabeln (bis 2048) geprüft. Es ergab sich bei diesen in mannigfacher Weise variierten Versuchen stets als obere Hörgrenze die Zahl von rund 13 000 Doppelschwingungen, was durchaus unserem Lebensalter nach den bisherigen Bestimmungen der oberen Hörgrenze sowie solchen aus neuerer Zeit entspricht.[1]) Mit Sicherheit ließ sich auch ein Unterschied der oberen Hörgrenze für das rechte und linke Ohr feststellen. Auch der Einfluß der Ermüdung ließ sich sicher in einem Sinken der oberen Hörgrenze um etwa 300 Schwingungen nachweisen, wenn die Versuche zu Zeiten angestellt waren, denen Stunden intensiver anderweitiger Beschäftigung vorhergegangen waren.

Nach Beendigung dieser Versuche erhielten wir durch freundliche Zusendung der Sonderabdrücke Kenntnis von den eingehenden schönen Bestimmungen der oberen Hörgrenze, die Herr Martin Gildemeister[2]) ebenfalls mit ungedämpften elektrischen Schwingungen, und zwar unter Benutzung des Schwingungskreises einer Poulsonlampe ausgeführt hat. Auch mit anderen neueren Schwingungserregern hat Herr Gildemeister bereits Versuche angestellt, über die er demnächst berichten wird. Die Ergebnisse unserer Versuche standen im vollen Einklang mit den von Gildemeister erhaltenen. Es sei noch erwähnt, daß diese Methode der Tonerzeugung sich wohl auch zur Entscheidung anderer Probleme sehr gut eignen wird; z. B. der Frage nach der Grenze der Tonhöhe, in welcher noch Intervallschätzungsfähigkeit vorhanden ist, insbesondere deren Abhängigkeit von Übung, Lebensalter u. s. w., worüber soviel mir bekannt, noch keine genauen Untersuchungen vorliegen. Herrn cand. O. Feußner möchte ich auch an dieser Stelle herzlich für seine unermüdliche wertvolle Hilfe bei Anstellung der Versuche danken.

---

[1]) Vgl. die zusammenfassende Übersicht in F. A. Schulze: Passow's und Schäfer's Beiträge zur Anatomie... des Ohres..., Bd. 1, S. 134, 1908.

[2]) M. Gildemeister, Berliner Klin. Wochenschrift, 1918, Nr. 39, S. 943; Zeitschrift für Sinnesphysiologie Bd. 50, S. 161—191 und 253 bis 272 (1918).

Sodann hielt Herr A. Wegener die Vorträge:

I. Ueber Luftwiderstand bei Meteoren.

Das Problem des Luftwiderstandes der Meteore ist von Benzenberg [1]), Bessel [2]), Schiaparelli [3]) und Davidson [4]) behandelt worden. Benzenberg erkannte bereits, daß die Geschwindigkeiten der Meteore in den unteren Atmosphärenschichten immer mehr unabhängig von der außeratmosphärischen Anfangsgeschwindigkeit wird. Schiaparelli entwickelte eine ausführliche mathematische Theorie und leitete eine Gleichung ab, welche die Abnahme der Geschwindigkeit mit der Zunahme des Luftdrucks beim Herabsteigen in die unteren Luftschichten verknüpft. Davidson endlich setzte diese Geschwindigkeitsabnahme statt mit dem Luftdruck gleich mit der Höhe in Beziehung. Für die Umsetzung von Luftdruck in Höhe ist es nun von entscheidender Bedeutung, ob man oberhalb der Stickstoffsphäre noch eine Zone leichter Gase in der Atmosphäre annimmt. Bei den Rechnungen von Davidson sind diese neueren Annahmen noch nicht berücksichtigt, und seine Ergebnisse stimmen daher auch insofern schlecht mit der Erfahrung überein, als die großen Höhen, in denen die Leuchterscheinung zu beginnen pflegt, unerklärt bleiben. Im folgenden wird daher an Schiaparellis Rechnungen angeknüpft, und zwar unter Zugrundelegung des Widerstandsgesetzes von Robert. Schiaparelli erhielt dabei die folgende Gleichung:

$$log\left[1+\left(\frac{696}{u_1}\right)^2\right]-log\left[1+\left(\frac{696}{u_0}\right)^2\right]=0{,}00278\frac{\mu\, sec\, z}{rp}$$

worin u_0 die Anfangsgeschwindigkeit, u_1 die Geschwindigkeit im

1) Benzenberg, Briefe, geschrieben auf einer Reise durch die Schweiz, Bd. 1, S. 33 u. 34.

2) Bessel, Königsberger Archiv für Naturwissenschaft u. Mathematik, 1811, 1. St., S. 36—40.

3) Schiaparelli, Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen, deutsch von G. v. Boguslawski, Stettin 1871.

4) Davidson, The Resistance of the Atmosphere to the Flight of Meteors, The Journal of the British Astronomical Association, London 1913.

betrachteten Punkte der Bahn, beides im m p. s., ferner μ den Luftdruck in mm Quecksilber, z die Zenitdistanz der Bahn, r den Halbmesser in Metern und p das spezifische Gewicht bezogen auf Wasser = 1 bedeutet.

Unter der Annahme, daß der Hemmungspunkt durch die Geschwindigkeit $u_1 = 1000$ m p. s. gekennzeichnet ist[1]), können wir hieraus eine genäherte Gleichung des Hemmungspunktes ableiten, indem wir $u_1 = 1000$ setzen und das Glied mit u_0 vernachlässigen. Letzteres ist streng genommen nur für $u_0 = \infty$ richtig, wird aber als genäherte Annahme gerechtfertigt durch den oben erwähnten Satz von Benzenberg, der von Schiaparelli mathematisch bewiesen ist. Wir erhalten damit

$$\mu = 61.67 \; rp \sin h$$

wo $h = 90 - z$ ist, oder

für Steinmeteoriten ($p = 3.5$)

$$\mu_{\text{Stein}} = 215.8 \; r \sin h$$

und für Eisenmeteoriten ($p = 7.8$)

$$\mu_{\text{Eisen}} = 481.0 \; r \sin h$$

Diese Gleichungen gestatten eine bequeme Vergleichung mit den Beobachtungen.

Die oben angeführte, von Schiaparelli abgeleitete Gleichung für die Abhängigkeit der Geschwindigkeit vom Luftdruck gestattet natürlich auch, die Abhängigkeit von der Höhe zu berechnen, wenn man den Luftdruck in Höhe umsetzt. Wegen der Änderung der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre in großen Höhen würde eine analytische Behandlung außerordentlich kompliziert. Dagegen macht die numerische Umsetzung keine Schwierigkeiten. Benutzt man die Luftdruckwerte, die von mir[2]) unter Annahme einer Wasserstoffsphäre oberhalb 75 km und einer Geokoroniumsphäre oberhalb etwa 300 km berechnet worden sind, so erhält man für einen unter 45° einfallenden Steinmeteoriten ($p = 3{,}5$) von 0,2 m Radius bei 72 $\frac{\text{km}}{\text{sek}}$ Anfangsgeschwindigkeit den in Figur 1 dargestellten Geschwindigkeitsverlauf. Man erkennt namentlich eine starke Abnahme der Geschwindigkeit bei etwa 60 km Höhe, d. h. kurz nach dem Eintritt in die Stickstoffsphäre.

---

1) Etwa gleich der Geschwindigkeit von Explosionswellen. Sobald die Geschwindigkeit des Meteoriten kleiner wird als diese, eilt die Kompressionswelle, welche bis zu diesem Punkte leuchtend war, ihm nunmehr als Schallwelle (Detonation!) voraus. Im Augenblick dieser Ablösung vom Meteoriten muß also die Lichterscheinung aufhören (Hemmungspunkt).

2) A. Wegener, Thermodynamik der Atmosphäre, Leipzig 1911, S. 46

Die gestrichelte Kurve gibt die gleichfalls numerisch abgeleitete Geschwindigkeitsänderung mit der Zeit $\left(\frac{du}{dt}\right)$. Hier erkennt man namentlich ein außerordentlich steiles Maximum etwas oberhalb 60 km Höhe. Da Kraft = Masse × Beschleunigung, so stellt diese Kurve — vorausgesetzt, daß die Masse des Meteoriten unverändert bliebe, was bei der ganzen Näherungsrechnung vorausgesetzt wird — auch die auf den Meteoriten wirkende Kraft dar, welcher die Helligkeit der Leuchterscheinung nahezu parallel gehen wird. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die plötzliche Steigerung,

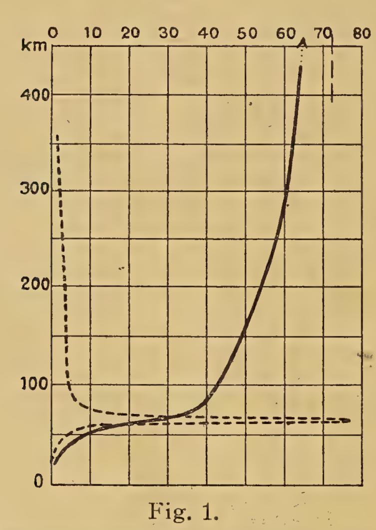


Fig. 1.

Geschwindigkeit (ausgezogen) und Verzögerung (gestrichelt) eines unter 45 ° einfallenden Steinmeteoriten von 0,2 m Radius und 72 $\frac{\text{km}}{\text{sek}}$ Anfangsgeschwindigkeit. (Links km, oben $\frac{\text{km}}{\text{sek}}$ bezw. $\frac{\text{km}}{\text{sek}^2}$.)

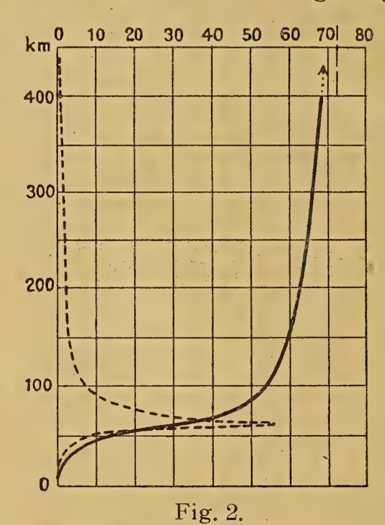


Fig. 2.

Geschwindigkeit (ausgezogen) und Verzögerung (gestrichelt) eines unter 45 ° einfallenden Eisenmeteoriten von 0,2 m Radius und 72 $\frac{\text{km}}{\text{sek}}$ Anfangsgeschwindigkeit. (Links km, oben $\frac{\text{km}}{\text{sek}}$ bezw. $\frac{\text{km}}{\text{sek}^2}$.)

welche diese Kraft beim Eintritt in die Stickstoffsphäre erfährt, die Ursache sowohl für das starke Aufflammen vor dem Erlöschen, als auch für das Zerschellen in Steinregen darstellt.

In Fig. 2 ist entsprechend die Geschwindigkeitsabnahme eines Eisenmeteoriten (p = 7.8) von 0,2 m Radius dargestellt, der unter 45 ° einfallend eine Anfangsgeschwindigkeit von 72 $\frac{\text{km}}{\text{sek}}$ mitbringt. Die Abnahme nach dem Eintritt in die Stickstoffsphäre findet hier nicht ganz so plötzlich statt wie bei dem gleich großen

Steinmeteoriten. Dementsprechend ist auch bei der gestrichelten Kurve der Verzögerung oder der Kraft das Maximum bei 60 km Höhe etwas weniger steil.

Es darf natürlich nicht außer Acht gelassen werden, daß diese Näherungs-Ergebnisse auf sehr unsicherer Grundlage ruhen. Insbesondere ist zu beachten, daß die von Schiaparelli benutzten empirischen Luftwiderstandsgesetze (und alle sonst bekannten) eine unveränderliche Zusammensetzung der Atmosphärengase zur Voraussetzung haben, und infolgedessen auf die höheren Schichten der Atmosphäre mit ihrer geänderten Zusammensetzung eigentlich nicht angewendet werden dürfen. Nimmt man dazu die übrigen Vernachlässigungen und Unsicherheiten, so kann man im Zweifel sein, ob die vorliegenden Rechnungen überhaupt Wert haben. Aber andererseits darf auch nicht verkannt werden, daß unsere Vorstellungen über den Verlauf dieser Erscheinungen bisher noch so unsichere und schwankende sind, daß auch eine sehr rohe Annäherung hier schon einen Fortschritt bedeutet.

---

2. Versuche zur Aufsturztheorie der Mondkrater.

Bereits Meydenbauer [1]) und Alsdorf [2]) haben auf einer glattgestrichenen Schicht eines staubförmigen Körpers (Dextrin, Kalkstaub, bei Alsdorf Lykopodium) kraterförmige Gebilde erhalten, indem sie kleine Mengen gleichen Materials aus geringer Höhe darauf fallen ließen. Ich habe diese Versuche in weit größeren Dimensionen (mit Kraterdurchmessern über 10 cm) mit Zementpulver ausgeführt, wobei als auffallender Körper ein — je nach der gewünschten Kratergröße — halber bis gehäufter Eßlöffel voll Zementstaub diente. Der Inhalt des Löffels wurde durch eine rasche Bewegung desselben nach unten auf die Grundmasse herabgeschleudert. Die so erhaltenen Krater ließen sich vollkommen unversehrt fixieren, indem sie vorsichtig mit Wasser bestäubt wurden und am nächsten Tage, nachdem die Oberfläche erhärtet war, vollkommen mit Wasser getränkt wurden. Die Grundmasse be-

1) Meydenbauer, Die Gebilde der Mondoberfläche, Sirius 15, 1882, S. 59 ff.

2) Alsdorf, Experimentelle Darstellungen von Gebilden der Mondoberfläche, mit besonderer Berücksichtigung des Details, Gäa 1898, S. 35 ff.

fand sich in einer offenen Pappschachtel, die nach Erhärtung des Zements vernichtet wurde.

Bei den ersten Versuchen dieser Art gelangen nur Krater ohne Zentralberg. Nachdem aber einmal durch Zufall ein Zentralberg in einer flachen Pappschachtel gelungen war, glückte es, die Bedingungen dafür zu ermitteln. Ein Zentralberg entsteht immer, wenn die lockere Schicht der Grundmasse nur dünn ist. Ist sie dicker als etwa ¼ des Kraterdurchmessers, so entsteht kein Zentralberg. Nachdem diese Regel gefunden war, konnte stets, wenn es gewünscht wurde, ein Zentralberg erzeugt werden. Es wurde dabei, um dickere Handstücke zu erhalten, folgendermaßen verfahren: Zu unterst in der Schachtel kam eine mehrere Zentimeter dicke Schicht Zementstaub, die festgedrückt wurde und sich dann so ver-

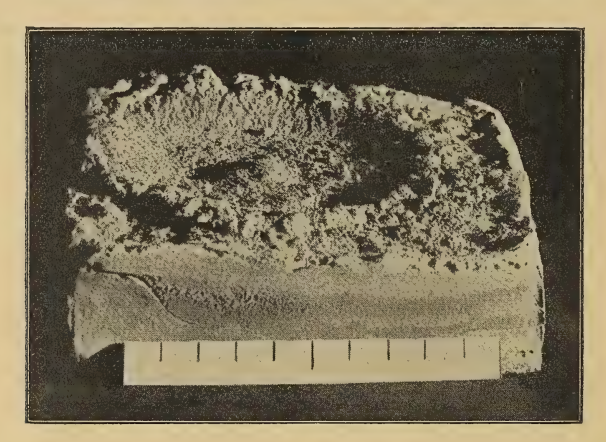


Fig. 3.
Aufsturzkrater aus Zementstaub (unten Zentimeterteilung).

hielt, wie eine feste Unterlage. Darüber wurde eine lockere Schicht von ½—1 cm Dicke gestreut, bei der jedes Zusammenschütteln sorgsam vermieden wurde. Hierauf wurde dann möglichst kräftig ein Eßlöffel Zementpulver herabgeschleudert. Je dünner die lockere Schicht und je kräftiger geschleudert wurde, um so flacher wurden Krater und Zentralberg. Fig. 3 zeigt einen der erhaltenen Krater.

Um die Entstehung des Zentralberges näher zu untersuchen, wurde als auffallender Körper bei einigen Kratern Gipspulver verwendet. Es zeigte sich, daß das Gipspulver als relativ dünne, recht gleichmäßige Schicht das ganze Innere des Kraters einschließlich des Zentralberges und des Innenabfalles des Ringwalls bedeckte.

Auf der Höhe des Ringwalles endigte diese Schicht in einem Abbruch, und außerhalb des Kraters lagen die abgebrochenen Stücke, als solche leicht an Farbe und Form erkennbar, rings verstreut. Der oberste Teil des Ringwalles war mit anderen Worten nach außen fortgeblasen worden. Ein solcher Krater mit Gipsfüllung wurde quer durchgeschnitten, was sich leicht bewerkstelligen ließ, nachdem am Vortage bereits die Oberfläche durch Wasserbestäubung erhärtet und unmittelbar vor dem Schnitt das Ganze mit Wasser durchtränkt worden war. Dabei zeigte sich, daß der Zentralberg keineswegs, wie man meinen könnte, nur aus dem auffallenden Material bestand; er war vielmehr ebenso deutlich bereits in dem darunter liegenden Zement zu erkennen, ja er trat nach gänzlicher Entfernung der Gipsschicht (mit dem Messer, nach Erhärtung des Zements) besonders regelmäßig und schön hervor. Um noch weiter festzustellen, ob wenigstens die Grenze zwischen dem festgedrückten und dem lockeren Zement unverändert geblieben war, wurde diese Grenze bei einem anderen derartigen

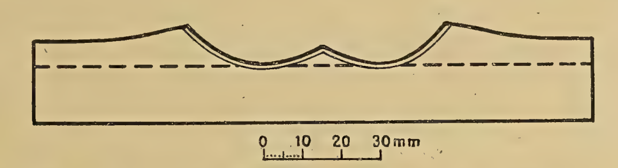


Fig. 4. Mittleres Profil von 18 Aufsturzkratern.

Krater von vornherein durch eine dünne Zinnoberschicht kenntlich gemacht, die dann im Schnitt sehr deutlich hervortrat. Sie war unverändert geblieben, d. h. der Zentralberg bestand, abgesehen von der oberflächlichen Gipsschicht, nur aus dem Material der lockeren Oberschicht. In der ringförmigen Vertiefung zwischen Ringwall und Zentralberg war von dieser lockeren Oberschicht so gut wie nichts übriggeblieben, so daß die Gipsschicht hier unmittelbar auf der Zinnoberschicht lag. Die Photographien dieser Querschnitte werden in der ausführlichen Veröffentlichung mitgeteilt werden [1]).

18 derartige Krater mit Zentralberg wurden nachträglich im Profil ausgemessen, indem etwa 30 Punkte auf jedem Durchmesser mit Millimetermaßstäben abgetastet wurden. Die Profile wurden sodann auf Millimeterpapier in natürlicher Größe eingetragen, und

---

1) Die ausführliche Veröffentlichung wird 1920 in den Abh. d. Kais Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturwissenschaften (Nova Acta) erscheinen.

aus diesen Darstellungen die Erhebung des Kraterwalles über seine Umgebung, die Kratertiefe von der Wallhöhe bis zum Kraterboden, der Durchmesser des Kraters zwischen den höchsten Teilen des Ringwalles und die Höhe des Zentralberges über dem Kraterboden bestimmt. Wegen der ausführlichen Zahlen muß auf die vollständige Veröffentlichung verwiesen werden. Aus den Mittelwerten ergibt sich das in Fig. 4 dargestellte Profil. Der in Fig. 3 abgebildete Krater ist noch etwas flacher als dies mittlere Profil.

Eine Reihe anderer Versuche, zum Teil auch mit zähflüssigem Material (Zementbrei) anstelle von staubförmigem, lieferte Analogien zu besonderen Erscheinungen auf dem Monde. Da diese aber nur bei Betrachtung der Abbildungen verständlich werden, muß auch in dieser Hinsicht auf die vollständige Veröffentlichung verwiesen werden.

Bei der großen Mondähnlichkeit der erhaltenen Krater sprechen die Versuche sehr zu Gunsten der Aufsturzhypothese der Mondkrater, zumal da allen übrigen Erklärungsversuchen unüberwindliche Schwierigkeiten im Wege stehen.

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg.

Nr. 3 Mai 1919

In der ordentlichen Sitzung am 28. Mai sprach Herr F. Richarz:

Ueber den Wert der Schallgeschwindigkeit nach neueren Versuchen und Berechnungen.

Die ältesten Bestimmungen der Schallgeschwindigkeit in Luft waren direkte aus der Zeitdifferenz zwischen Aufblitzen und Hören des Knalles für ein in bekannter Entfernung abgefeuertes Geschütz. Als ihr Ergebnis pflegte man den Wert 333 m in der Sekunde anzusehen. Nachdem man erkannt hat, wie sehr die Ausbreitung des Schalles von den wechselnden Verhältnissen in der Atmosphäre abhängt, kann man diesen ältesten Bestimmungen keine große Zuverlässigkeit beilegen. In den Kundtschen Röhren kann die Wellenlänge λ eines Tones von bekannter Schwingungszahl ν gemessen werden; die Schallgeschwindigkeit ergibt sich dann $u = \nu \cdot \lambda$. Dabei ist noch eine Korrektion anzubringen wegen der Reibung der Luft an den Röhrenwänden, und wegen der Wärmeleitung; denn beide Einflüsse vermindern u in Röhren gegenüber seinem Werte in freier Luft. Solche Bestimmungen der Schallgeschwindigkeit ergaben neuerdings einen Wert von 332 m pro Sekunde.

Aus den Messungen in Kundtschen Röhren wurde nun auch das Verhältnis $\varkappa$ der beiden spezifischen Wärmen c_p und c_v der Luft bezw. eines anderen Gases berechnet, das mit der Schallgeschwindigkeit u, Druck p und Dichtigkeit μ bei einem vollkommenen Gase durch die Formel:

$$u = \sqrt{\varkappa \frac{p}{\mu}} \tag{1.}$$

zusammenhängt. (Siehe z. B. Helmholtz Vorles. Bd. VI. Theorie der Wärme, herausgeg. vom Vortragenden, Seite 193.) Die Bestimmung von $\varkappa$ hat wiederum das Interesse, daß aus $\varkappa$ und der spezifischen Wärme c_p bei konstantem Druck diejenige bei konstanten Volumen c_v sich ergibt, und aus $(c_p - c_v)$ nach der von Julius Robert Mayer herrührenden Überlegung das mechanische Wärmeäquivalent (siehe z. B. ebenda Seite 196). Die Ausführung bei verschiedenen Gasen ergab früher recht abweichende Werte für dieses,

z. B. bei Luft 423,8 Meterkilogramm (= Gewicht)
„ Sauerstoff 423,5 „
„ Wasserstoff 423,1 „
„ Stickstoff 429,1 „

Diese Abweichungen zu beseitigen war das Ziel, dessentwegen ich in einer Reihe von Arbeiten, die Werte von $\varkappa$ und c_p neu bestimmen ließ. (F. Richarz. Neuberechnungen des mechanischen Wärmeäquivalentes auf Grund im hiesigen Institut ausgeführten Messungen; Marb. Sitz.-Ber., Nr. 6, 13. Nov. 1912, p. 145; Wilhelm Escher, Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalentes aus den spezifischen Wärmen unter Zugrundelegung der van der Waals'schen Zustandsgleichung, ebenda p. 147.) Außerdem aber ist auch die Gleichung (1) nur für ein vollkommenes Gas gültig. Statt ihrer ist (vergl. z. B. F. A. Schulze und H. Rathjen, Ann. d. Physik, **49**, p. 462, 1916) bei Berücksichtigung der Abweichungen vom idealen Gaszustande zu setzen:

$$u = \sqrt{-v^2 \varkappa \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_\vartheta} \tag{2.}$$

wo v das Volumen ist und der Differentialquotient bei konstanter Temperatur genommen werden muß. Das Ergebnis der Neubestimmungen von $\varkappa$ und c_p im hiesigen Institut und der korrigierten Berechnungen ist für das mechanische Wärmeäquivalent (Vergl.: F. A. Schulze S. 468.)

	mkg-Gew.	Erg.
bei Luft	427,8	$4{,}209.10^7$
„ Sauerstoff	427,0	$4{,}188.10^7$
„ Wasserstoff	428,2	$4{,}202.10^7$
„ Stickstoff	427,5	$4{,}193.10^7$

Die neuesten direkten Bestimmungen der physikalisch-technischen Reichsanstalt ergeben den Wert 426,6 mkg bezw. $4{,}184.10^7$ Erg. (Siehe W. Jaeger und H. von Steinwehr, Ber, d. Deutsch. Physik. Ges. 1919, **21**, Heft 1/2, S. 25.) Sowohl die Übereinstimmung der berechneten Werte untereinander, als auch die mit dem direkt bestimmten ist also bedeutend gebessert.

Bei der kritischen Betrachtung der bisher vorliegenden $\varkappa$-Werte für Luft, die Hr. H. Rathjen auf meine Veranlassung in seiner Dissertation (Jahr 1914, Seite 14—18) vornahm, fand sich, daß der früher aus Versuchen mit Kundtschen Röhren für Luft abgeleitete Wert von 1,4066 als zu hoch anzusehen ist. Dementsprechend mußte denn auch der aus denselben Versuchen abgeleitete Wert der Schallgeschwindigkeit, wie ich damals sogleich bemerkte und in der Zwischenzeit verschiedentlich gesprächsweise hervorhob, zu groß sein.

Im Folgenden möchte ich zeigen, zu welchem Werte der Schallgeschwindigkeit in Luft man indirekt auf möglichst unabhängige Weise gelangt.

Berechnung aus den experimentellen Werten für $\varkappa$.

Außer aus Versuchen mit Kundtschen Röhren kann das Verhältnis $\varkappa$ den beiden spezifischen Wärmen auch bestimmt werden aus Messungen der adiabatischen Abkühlung bei Entspannung nach der Methode von Clément und Desormes, die in den letzten Jahrzehnten sehr vervollkommnet wurde.

Auch bei der Berechnung dieser Versuche ist eine Korrektion wegen der Abweichung vom idealen Gaszustande anzubringen, wie auf Grund von Berechnungen P. P. Koch's, F. A. Schulze a. a. O. Seite 463, angegeben hat. Die neuesten und besten derartigen Bestimmungen ergeben dann:

O. Lummer und E. Pringsheim	1,4035
A. Makower	1,4020
H. W. Moody	1,4021
E. Höhne	1,4033
I. R, Partington	1,4032

Das Mittel beträgt:

1,4028.

Dieser Wert ist einzusetzen in die obige Gleichung (2.), welche zuvor etwas übersichtlicher umgeformt werde, indem der Anschluß an Gleichung (1.) leichter erkennbar hergestellt wird. Dies gesehieht, indem man schreibt:

$$u = \sqrt{\frac{p}{\mu}}\sqrt{\varkappa \cdot c} \qquad (3.)$$

wo c der von F. A. Schulze a. a. O. Seite 462 angegebene Korrektionsfaktor:

$$c = -v^2 \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_\vartheta$$

in den von ihm dort benutzten Einheiten ist:

$$c = 0{,}9989$$

$\sqrt{\frac{p}{\mu}}$ ist der aus der ursprünglichen irrtümlichen Annahme isothermer Zustandsänderungen berechnete Wert der Schallgeschwindigkeit, der z. B. nach Helmholtz, Vorlesungen, VI., Seite 194, folgt bei 0^0 gleich:

$$\sqrt{\frac{p}{\mu}} = 279{,}94 \text{ m/sec.}$$

Mithin wird nach (3.):

$$u = 279{,}94 \cdot \sqrt{\varkappa \cdot 0{,}9989}$$

Den aus den Versuchen nach dem Prinzipe von Clément und Desormes oben abgeleiteten Wert

$$\varkappa = 1{,}4028$$

eingesetzt, ergibt sich:

$$u = 331{,}36 \text{ m/sec.}$$

Jedenfalls muß also ein wie bisher angenommener Wert der Schallgeschwindigkeit in der Luft von rund 332 m als zu hoch angesehen werden, und abgerundet erscheint der Wert 331 m/sec. zutreffender als jener.

Übrigens ergaben auch die älteren Bestimmungen von $\varkappa$ aus der Schallgeschwindigkeit in Kundtschen Röhren kleinere Werte als gerade die neueste Bestimmung, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Beobachter	$\varkappa$ (korrigiert)
H. Kayser (aus den besten Versuchen)	1,4024
I. W. Low	1,4025
E. H. Stevens	1,4021
M. Thiesen (aus seinem Wert der Schallgeschwindigkeit 331,92 m/sec. berechnet)	1,4066

Die drei ersten Bestimmungen ergeben für $\varkappa$ als Mittelwert 1,4023 wieder in guter Übereinstimmung mit dem auf anderem Wege zuvor gewonnenen Werte. Aus den älteren besten Messungen an Kundt'schen Röhren (Bestimmung von Wellenlänge und Schwingungszahl eines Tones) ergab sich daher auch ein Wert der Schallgeschwindigkeit im Mittel $u = 331{,}30$ m/sec.*)

Eine erneute Bestimmung in freier Atmosphäre ist dringend erwünscht.

Es folgten Demonstrationen. F. Richarz:

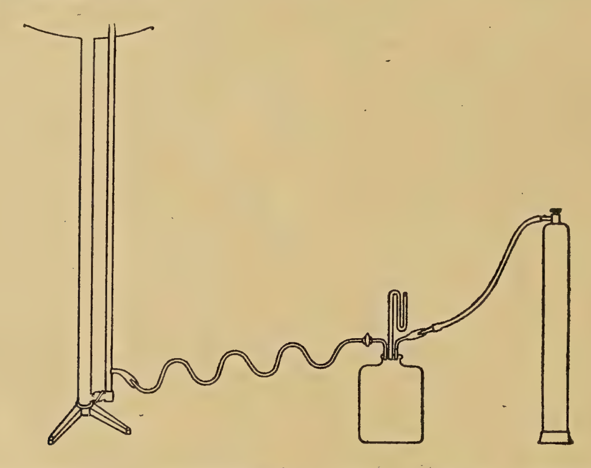
Experimentelle Nachbildung des intermittierenden Kohlensäuresprudels zu Namedy bei Andernach a. Rh. als Vorlesungsversuch.

Der herrliche Anblick des intermittierenden Kohlensäuresprudels zu Namedy bei Andernach a. Rh. veranlaßte mich

*) Nachträglich finde ich in Holborn u. Scheel, Logarithmen und Konstanten, ebenfalls den Wert 331 angegeben. Auch sie nehmen also Thiesens Wert nicht an.

vor mehreren Jahren, Herrn E. Altfeld in seiner Doktorarbeit die physikalischen Grundlagen und die Erklärung dieses wundervollen Naturschauspieles suchen zu lassen. Herr E. Altfeld hat diese in der Tat in sehr klarer und einwandsfreier Weise geliefert. Ein Auszug dieser Arbeit erschien in der Zeitschrift für praktische Geologie, XXII. Jahrgang, 1914, Heft 4/5.

Der Wunsch, eine physikalische Nachbildung des Kohlensäuresprudels auf Grund der Altfeld'schen Erklärung als Vorlesungsversuch zu demonstrieren, hat zur folgenden einfachen Anordnung geführt.



Das Prinzip der Erklärung ist, daß der Wasserinhalt eines Bohrloches als Sprudel ausgeworfen wird, wenn im Erdinnern durch Adern, welche Kohlensäure zuführen, hinreichend gesteigerter Druck entsteht. Nach einem derartigen Auswurf aus einem verhältnismäßig engen Bohrloche muß durch schnelle Wasserzufuhr dieses gleich wieder mit Wasser gefüllt werden. Der Kohlensäuredruck, der durch den Ausbruch bis auf wenig über Atmosphärendruck gesunken war, steigert sich durch Nachströmen von Kohlensäure nur langsam wieder so weit, bis er von neuem im Stande ist, die Wassersäule aus dem Bohrloche auszuwerfen. Auf Grund dieser Erklärung wurde obiger Apparat konstruiert.

Eine Bombe mit flüssiger Kohlensäure wird durch einen Schlauch mit einer Flasche von etwa 3 Liter Inhalt verbunden, deren Stopfen dreifach durchbohrt ist. Durch die eine Durchbohrung wird unter Vorschaltung einer Düse von weniger als $^1/_2$ mm Öffnung die auf 0,6 Atmosphären Überdruck abgedrosselte Kohlensäure zugeführt. Die zweite Durchbohrung ist verbunden mit einem offenen Quecksilbermanometer. Die dritte Durchbohrung führt zu einem Glasrohr, das zunächst durch einen Hahn verschlossen ist. Die Vorbereitung für die Versuche besteht nun darin, daß man den Überdruck in der Flasche von etwa 3 Liter Inhalt bis auf etwa 110 mm Quecksilber am Manometer steigen läßt. Bis dahin bleibt der Hahn geschlossen, der die Glasrohrleitung zu der eigentlichen Versuchsanordnung trägt.

Diese Leitung, ein etwa 8 mm starkes Glasrohr von 75 cm Länge erstreckt sich im Ganzen von der dritten Durchbohrung der Glasflasche fast horizontal, ist aber dreimal mit einer Höhendifferenz von etwa 10 cm auf- und abgebogen. Ihr Ende mündet, wiederum unter Zwischenschaltung einer feinen Düse von etwa $^1/_2$ mm Weite von der Seite her in das untere Ende eines vertikalen Glasrohres von etwa 15 mm Durchmesser und rund 2 m vertikaler Höhe. Dieses vertikale Glasrohr stellt das Bohrloch, den Ursprung des wirklichen Sprudels, dar. Das obere Ende ist zu einer Spitze von etwa 2 mm Durchmesser ausgezogen. Es mündet von unten her durch den Boden einer flachen Schale von etwa 45 cm horizontalem Durchmesser hindurch, welche Schale das heraufsprudelnde Wasser bei dem Versuche auffängt. Das bisher besprochene vertikale Rohr mündet etwas seitlich von der Mitte durch den Boden dieser Schale hindurch ein, während vom tiefsten Punkte der horizontalen Schale in der Mitte ein Rohr von etwa 4 cm Durchmesser vertikal nach abwärts geht, ebenfalls etwa 2 m lang; es mündet am unteren Ende durch ein horizontales Verbindungsrohr mit Regulierhahn von der Seite her in die tiefste Stelle des Steigrohres von 15 mm Durch-

messer ein, welches das Bohrloch nachahmt. Diese Hauptteile des Apparates, bestehend aus der oberen Schale, den beiden Verbindungsrohren von 40 bezw. 15 mm Durchmesser und deren unterer horizontalen Verbindung, sind zusammen auf einem festen Fußgestell mit vertikaler Säule angebracht. Vor Beginn eines Versuches wird Wasser eingefüllt, sodaß die beiden Rohre von etwa 3 m Länge mit Wasser angefüllt sind, und ebenso das 75 cm lange horizontale Verbindungsrohr mit den drei welligen Ausbuchtungen bis zu der Glasflasche von etwa 3 Liter Inhalt. Wenn dann in der vorbeschriebenen Weise der Kohlensäuredruck in der Glasflasche die erforderliche Höhe erreicht hat, wird der Hahn von der Glasflasche her geöffnet und nun beginnt das langsame Nachströmen der Kohlensäure durch das horizontale mehrfach gewundene wassergefüllte Rohr und die feine Düse bis der Druck der Kohlensäure an der Einmündungsstelle in das vertikale Steigrohr die erforderliche Höhe erreicht hat, um den Wasserinhalt des Steigrohres als Sprudel an dessen oberer Öffnung in der horizontalen Schale auszuwerfen. Wenn dann durch den dem Wasser nachfolgenden Ausbruch der Kohlensäure deren Druck hinreichend gesunken ist, strömt durch das weitere abwärts führende Rohr von etwa 4 cm Durchmesser das Wasser aus der Schale abwärts schnell durch die untere Kommunikation in das Steigrohr und in das Verbindungsrohr mit der Glasflasche ein, und sperrt nun zunächst den Zutritt der Kohlensäure ab, bis bei nunmehr ständig geöffnetem Hahn an der Dreiliterflasche der Kohlensäuredruck von neuem durch Nachströmen die erforderliche Höhe erreicht hat, um wiederum einen Ausbruch des Sprudels hervorzubringen.

Der Apparat ist in dieser Weise von dem Mechaniker des Instituts, Herrn Paul Görs hergestellt.

Alsdann führte Herr Franz Strieder einen von ihm konstruierten Apparat vor zur

Demonstration des Gesetzes der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung.

Derselbe ist entstanden auf eine Anregung von Herrn Geheimrat Richarz hin, welcher den oben genannten Satz mit einer Anordnung zu demonstrieren wünschte, bei der die Schwerpunkte der in Frage kommenden Massen nur geradlinige Bewegungen ausführen im Gegensatz zu anderen bisher bekannten Anordnungen zu diesem Zweck. Herr Geheimrat Richarz legte hierauf besonderen Wert, um bei der Vorführung nicht zu Bemerkungen über den Flächensatz gezwungen zu sein.

Die Anordnung besteht aus einem leichtlaufenden kleinen Wagen, von dessen Plattform ein Gewicht in der Laufrichtung des Wagens durch Federkraft abgeschleudert werden kann. Der Wagen hat folgende Einrichtung. Unter einem Eichenholzbrettchen von 180 mm Länge, 70 mm Breite und 10 mm Dicke sind die Lager für 2 Laufachsen aufgeschraubt, sodaß sich ein Achsenabstand von 115 mm ergiebt. Die Laufachsen bestehen aus je einem 75 mm langen Stäbchen aus 3 mm dickem Rundstahl, auf welchem als Laufräder je 2 Scheiben von 40 mm Durchmesser aus 0,8 mm dickem Messingblech in einem Abstand von 65 mm (Spurweite) symmetrisch befestigt sind. Die auf beiden Seiten herausragenden Enden der Stahlachse von je 5 mm Länge sind gut poliert und laufen in ebenfalls gut geglätteten Löchern der vorher erwähnten Lager. Da diese Lager in achsialer Richtung nur 0,8 mm lang sind, ist eine sehr leichte Beweglichkeit des Wagens gewährleistet. Auf der Plattform ist ein Böckchen aufgeschraubt, in welchem das eine Ende eines dünnwandigen Messingrohres von 7 mm Durchm. eingelötet ist, so daß dieses sich senkrecht über der Längsmittellinie des Brettchens in einem Abstand von 25 mm parallel zu dem Brettchen befindet. Das andere Ende des Messingröhrchens liegt senkrecht über der Schmalseite des Brettchens. Die gesamte freie Länge des Röhrchens bis zum Böckchen beträgt 105 mm. An dem Böckchen ist das eine Ende einer cylindrischen

Spralfeder aus 0,8 mm Stacheldraht befestigt, sodaß die Feder, die bei 13 mm Durchmesser und 12 Windungen in ungespanntem Zustande etwa 80 mm lang ist, sich konzentrisch um das Messingröhrchen legt. Auf das Messingröhrchen kann ein cylindrisches Zinkgewicht von 24 mm Außendurchmesser, 8 mm Bohrung und 23 mm Länge soweit aufgeschoben werden, daß die Feder auf etwa 24 mm Länge zusammengedrückt wird. In dieser Lage wird das Zinkgewicht und die Feder festgehalten, indem durch ein 60 mm vom freien Ende des Messingröhrchens gebohrtes Loch ein Drahtstift quer durch das Messingrohr gesteckt wird. Nachdem man um das Böckchen und das Zinkgewicht eine Schlinge aus dünnem Bindfaden gelegt hat, wozu an beiden Teilen entsprechende Einkerbungen vorgesehen sind, kann der vor dem Zinkgewicht steckende Drahtstift entfernt werden, wobei die Feder gespannt bleibt. Brennt man nun den Bindfaden durch, so schleudert die sich entspannende Feder das Gewicht von der Ruhelage etwa 1,5 m weit bis zum ersten Aufschlagen weg, während der Wagen etwa ebensoviel in der entgegengesetzten Richtung wegrollt. Diese Verhältnisse ergeben sich bei der durch die oben angeführten Maße gegebenen Federspannung bei einem Wagengewicht von 190 g und einem Gewicht des Zinkstückes von 65 g infolge der verschiedenen Reibungswiderstände am Wagen und am Zinkstück. Der Versuch ließe sich wohl noch so abändern, daß statt des Zinkstückes ein zweiter Wagen gleicher Bauart, also mit gleicher Masse und gleichen Reibungswiderständen abgeschleudert würde. Man hätte alsdann eine quantitative Demonstration des Gesetzes von Wirkung und Gegenwirkung.

In der Wahlsitzung wurden zu ordentlichen Mitgliedern gewählt:

Herr Geheimrat Prof. Dr. Johannes Gadamer und Herr Geheimrat Professor Dr. Robert Wollenberg.

Aus der Vorstandswahl ergab sich folgende Zusammensetzung des Vorstandes:

Vorsitzender: Geh. Rat F. Richarz; engerer Ausschuß: Stellvertretender Vorsitzender: Geh. Rat E. Korschelt, ferner Geh. Rat E. Tuczek und Geh. Rat F. B. Hofmann als Beisitzer; Prof. Thiel als Kassenführer, Prof. F. A. Schulze als Schriftführer.

Sitzungsberichte

der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg.

Nr. 4 Juni 1919

Am 5. Juni fand eine Sitzung gemeinsam mit dem Ärztlichen Verein statt. Zunächst sprach Herr Prof. Fuchs (als Gast):

Ueber die Goethe-Okensche Wirbeltheorie des Schädels (der Auf- und Niedergang einer wissenschaftlichen Hypothese).

Sodann hielt Herr F. B. Hofmann den Vortrag über:

Vorhofsflimmern und seine Beseitigung durch Chinidin.

Der Vortragende bespricht zunächst die Erscheinungen des Herzflimmerns und die zu seiner Erklärung aufgestellten Hypothesen, und erwähnt dann die therapeutischen Versuche, das Vorhofsflimmern beim Menschen durch Darreichung von Chinidin zu beseitigen. Um einen Einblick in diese Vorgänge zu gewinnen, hat der Vortragende an 6 jungen Hunden im Alter von 14 Tagen bis 1½ Monaten die Wirkung des Chinidins auf das herausgeschnittene, nach der Methode von Langendorff künstlich durchströmte Herz untersucht, und dabei insbesondere die Frage nach dem Verhalten der Vorhöfe bei elektrischer Reizung berücksichtigt. Es stellte sich in allen Versuchen ganz übereinstimmend heraus, daß nach dem Zusatz von Chinidin zur Durchströmungsflüssigkeit Vorhofsflimmern durch elektrische Reizung mit den zur Verfügung stehenden Strömstärken nicht mehr ausgelöst werden konnte, während dies ohne Chinidin leicht möglich war. Das Chinidin setzt also die Reizbarkeit der Vorhöfe (bezw. des Herzens überhaupt) herab, und dadurch erklärt sich seine therapeutische Wirkung.

Sodann berichtet Herr von Bergmann über die bisher damit gewonnenen klinischen Erfahrungen.

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg.

Nr. 5 Juli 1919

In der ordentlichen Sitzung vom 31. Juli hielt Herr Knabe den Vortrag:

Humanistische Ziele im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht.

In der jetzigen schweren Zeit wird ungemein viel Gut verschleudert. Wie wir dieses mit Schrecken täglich an materiellen Gütern bemerken, so müssen wir befürchten, daß auch geistiger Besitz Schaden erleidet. Diese Gefahr liegt namentlich auf dem Gebiete des höheren Unterrichtswesens vor, denn für kulturelle Zwecke wird in den nächsten Jahrzehnten nichts übrig bleiben. Von den idealen Forderungen: „Ein Volk, eine Schule", „Freie Bahn dem Tüchtigen" und dergl. ausgehend, wird eine theoretische Konstruktion der sog. Einheitsschule geschaffen, die in ihrer praktischen Durchführung leicht dazu führen kann, nicht einen guten Neu-Aufbau, sondern eine Zerstörung unseres höheren Bildungswesens zu bewirken. Wenn, wie Viele wollen, eine sechsstufige Grundschule geschaffen werden soll, so würde der Kursus der höheren Lehranstalten von 9 Jahren auf 6 Jahre herabgedrückt, und es könnte nicht ausbleiben, daß dann der wissenschaftliche Standpunkt ihrer Abiturienten wesentlich niedriger würde.

Durch derartige oder ähnliche Einrichtungen wird in erster Linie das alte Gymnasium in seinem Wesen und Bestande bedroht. Es nennt sich humanistisch im Gegensatze zu dem Reform-Gymnasium, das genau dieselben Unterrichtsfächer darbietet wie jenes, nur in anderer Reihenfolge. Letzteres beginnt in Sexta mit Französisch statt mit Lateinisch, das erst in Untertertia einsetzt und dadurch den Beginn der griechischen Sprache auf Untersekunda verschiebt. Während diese neue Einrichtung bei den Realgymnasien großen Anklang gefunden hat, verhalten sich die Gymnasien recht ablehnend dagegen, denn es gibt in ganz Preußen kaum 30 Gymnasien, welche den Reformlehrplan angenommen haben. Wenn aber die Einheitsschule in einer der angedeuteten ähnlichen Form kommt, so wäre die notwendige Folge, daß dieser Reformlehrplan allgemein durchgeführt würde. Deshalb ist es erklärlich, daß besonders die Vertreter des alten Gymnasiums sich regen und ver-

suchen, die ihren Anstalten drohende Gefahr abzuwenden. So liegt eine Eingabe von zahlreichen Freunden des „humanistischen“ Gymnasiums an die Verfassung gebende Nationalversammlung in Weimar vor, die in lebhaften Worten für seine Erhaltung eintritt.

Ohne auf den Inhalt dieses Schriftstücks näher einzugehen, sei nur betont, daß ein Gymnasium, das nicht auch realistisch ist, ebenso schlecht wäre wie eine Realanstalt, die keine humanistischen Ziele verfolgte. So schrieb schon i. J. 1857 ein Realschuldirektor: „Wie das Gymnasium das Ideale auf Kosten des Realen bevorzugen muß, so hat die Realschule die Pflicht, dem Realen sein Recht zu verschaffen, ohne sich dem Idealen zu entfremden.“ Es wird meist übersehen, daß in der Geschichte des höheren Schulwesens der Realismus im Gegensatz zum Verbalismus, aber nicht etwa zum Humanismus aufgetreten ist. Ganz ungeheuerlich muß ich aber die Behauptung nennen: „Das Ideal der humanistischen Bildung kann n u r durch eine l e b e n s v o l l e Einführung der Jugend in Sprache und Kultur der Griechen und Römer verwirklicht werden“, d. h. in schlichten Worten nur dann, wenn von Sexta an die lateinische und von Untertertia an die griechische Sprache gelehrt wird.

An der Vorbildung der Zöglinge der höheren Lehranstalten haben die Hochschulen ein besonderes Interesse. Wird sie herabgesetzt, dann kann auf der Universität nicht mehr das geleistet werden, worauf wir bisher mit Recht so stolz waren. Darum dürfte es sich wohl rechtfertigen, wenn heute in dieser gelehrten Gesellschaft auch einmal anstatt eines wissenschaftlichen ein schulpolitisches Thema kurz behandelt wird, das doch mit den Zwecken der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften in gewisser Beziehung und Verwandtschaft steht.

Was sollen die höheren Lehranstalten bieten? Was ist ihre Aufgabe und ihr Ziel? Sie sind keine Fachschulen, sondern allgemeine Bildungsanstalten, sie wollen und sollen also keine Vorbereitung beruflicher Art vermitteln, sondern eine Grundlage geben, auf der die Jünglinge eine höhere Laufbahn aufbauen können, sei es im praktischen Leben unmittelbar, sei es durch Studium an den Universitäten. Sie sollen, wie der Ministerialerlaß bei der grundlegenden Ordnung des Realschulwesens in Preußen im Jahre 1859 besagt, „eine allgemeine Bildung vorbereiten, die ebensowohl eine Summe notwendiger Kenntnisse und Fähigkeiten in sich schließt, wie die sicheren Wege zu einer edleren Lebensauffassung und sittlichen Willensbestimmung zeigt“. Die jungen Leute sollen also auf einen Standpunkt gehoben werden, der sie befähigt, mit eigenem Urteil und selbständiger Bestimmung den Weg zu einer höheren Lebensstellung — sozial und sittlich gemeint — einzu-

schlagen, sie sollen auch die grundlegenden Kenntnisse sich erworben haben, um auf diesen aufbauen zu können. Da nun die Gebiete des menschlichen Wirkens und Wissens überaus zahlreich sind, so ist es ausgeschlossen, daß zu allen diesen auf einer einzigen Vorbereitungsanstalt der Grund gelegt werden könnte; es sind demnach verschiedene gleichberechtigte Einrichtungen erforderlich, und so haben sich die drei Arten höherer Lehranstalten herausgebildet, die in edlem Wetteifer mit verschiedenen Mitteln nach dem im wesentlichen gleichen Ziele streben. Dieses Ziel ist — kurz gesagt — ein humanistisches!

Was heißt Humanismus? Nichts Menschliches ist uns fremd, „nihil humani a me alienum esse puto“ ist seine eigentliche Erklärung. Den Menschen umgeben aber, in sein Leben greifen bestimmend zwei Gebiete ein: Natur und Geschichte, Notwendigkeit und Freiheit, Körper und Geist, und darum gehört zu einer wahrhaft humanistischen Ausbildung außer dem sprachlich-geschichtlichen auch das mathematisch-naturwissenschaftliche Gebiet. Dies war ja auch ursprünglich bekannt, schon die alten Griechen schätzten das letztere Gebiet sehr hoch, in der Scholastik galt das Quadrivium, d. h. das math.-naturwiss. Gebiet, viel höher und schwieriger als das Trivium (Grammatik, Rhetorik, Dialektik), und sowohl der mittelalterliche Humanismus wie der Neuhumanismus würdigten die Mathematik sehr, und erst später wurde sie aus den humanistischen Lehrbetrieben immer mehr ausgeschaltet — sehr mit Unrecht.

Fassen wir unter dem Begriff des pädagogischen Humanismus die Heranbildung zu einem edlen Menschentum, so werden wir feststellen müssen, daß hierzu nicht nur die Sprache und Kultur der Griechen und Römer erforderlich sind, sondern daß es auch andere Mittel und Wege gibt, um dieses Ziel zu erreichen. Der Mensch, der selbst ein Naturprodukt ist, lebt in, mit und von der Natur, also gehört doch wohl die Naturwissenschaft an und für sich schon mit zu der allseitigen Ausbildung des Menschentums.

Aber beschränken wir uns auf die engere Auffassung des Humanismus, die sich dem Realismus entgegenstellt und sich gern als Idealismus gegenüber dem Materialismus geberdet! Stellen wir uns einmal auf den Standpunkt, der von dem Gegensatz zwischen den unglücklich sogenannten Geistes- und Naturwissenschaften sich herausgebildet hat, wofür besser Geschichts- und Naturwissenschaften gesagt würde! Danach soll die humanistische Bildung nur durch die Geisteswissenschaften erzeugt werden können, also besonders durch das Betreiben der Geschichte und der Sprachen. Gern sondert man noch die Fächer: Religion, Deutsch und Geschichte als besondere ethische Gebiete ab, sodaß dann für die

humanistische Bildung nur die beiden alten Sprachen (und zwar von VI an) übrig bleiben. Daß die französische und englische Sprache auch wesentliche humanistische Elemente enthalten, und daß ihre Literatur, namentlich die englische, außerordentlich wertvolle Produkte darbietet, die sich mit den antiken wohl gleichstellen lassen, sei nur im Vorübergehen erwähnt. Halten wir an dem engeren Begriff „Humanismus“ fest, so haben wir doch unbedingt die Geschichte und die Philosophie als Bildungsmittel dazu zu betrachten.

Die Notwendigkeit der Berücksichtigung des geschichtlichen Elements beim mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht hat sich in der neueren Zeit mehr und mehr geltend gemacht. Für die Mathematik liegt ein stattlicher Band (III) der „Imuk“ von Gebhardt vor unter dem Titel „Geschichte der Mathematik im mathematischen Unterricht der höheren Schulen Deutschlands, dargestellt auf Grund zahlreicher Lehrbücher und programmatischer Abhandlungen höherer Schulen“. In der Tat wird der Unterricht im engsten Anschluß an das geschichtlich Gewordene befruchtet und gefördert. Ganz besonders wertvoll sind hierzu Biographien, „Lebensbeschreibungen großer Männer“. Wenn wir die Gestalt von Persönlichkeiten, die sich um die Wissenschaft verdient gemacht haben, den jungen Leuten näher bringen, so geben wir damit ein Element der Aneiferung und der Belebung des Unterrichts. An Kepler z. B. lernen die Schüler einen Mann kennen, in dem sie einen Parallelismus der Phantasie und der ernsten Wissenschaft vereinigt finden wie kaum bei einem andern Menschen. Seine Gesetze sind durchaus nicht das Ergebnis einer kühlen Reflexion und strengen Rechnung, sondern sie sind in erster Linie hervorgegangen aus dem Fluge seiner weltumformenden Phantasie. Aber was diesen ganz eigenartigen Menschen so besonders auszeichnete, das war der Umstand, daß, wenn seine Phantasie ihn zur Tätigkeit angeregt hatte, nun die kühle theoretische Betrachtung dazu kam. Ein diesen Punkt betonender Unterricht wird für einen normalen Schüler im höchsten Maße humanistisch anregend wirken, besonders wenn man auch auf seine ausgezeichnete moralische Beschaffenheit eingeht. Und wie außerordentlich fruchtbringend wird sich folgende Darstellung gestalten lassen! Galileo Galilei, einer der größten Gelehrten seiner Zeit, stand der Tatsache ratlos gegenüber, die ihm von florentinischen Brunnengräbern gemeldet wurde, daß sich nämlich das Wasser nur bis zu einer gewissen Höhe der Pumpröhre bringen lasse. Der horrer vacui war ihm unsympathisch, weil er gegen alle Metaphysik durch strenge geistige Arbeit ankämpfte. Es dauerte lange Zeit, bis unter der Anregung seiner beiden Schüler Torricelli und Viviani durch Heranziehung eines

schließlich auch höchst einfachen Gedankens etwas völlig Neues geschaffen und dadurch die ganze Lehre von den Eigenschaften der Luft erst ermöglicht wurde. Torricellis Gedanke war, das leichte Wasser durch eine spezifisch schwerere Flüssigkeit zu ersetzen und auf diese Weise die Höhe, bis zu welcher die Flüssigkeit gehoben werden kann, sehr zu verkleinern. Und damit war auch die Erfindung eines Instruments gelungen, das allerdings in engerem Sinne nicht von ihm, sondern von seinem Freunde und Mitschüler Viviani hergesetllt wurde, nämlich die unseres bekannten Barometers. Und wie die „Torricellische Leere“ in jener Zeit entstand, so auch auf der anderen Seite die „Guerickesche Leere“, und es ist belehrend, sich an der Hand der Originalwerke von Guericke zu überzeugen, welche eigentümlichen Wege der menschliche Geist machen muß, bis er ein vorliegendes Experiment richtig zu deuten imstande ist. Und wenn man in Verbindung mit diesen beiden großen Entdeckungen, welche die Wissenschaft auf eine neue Grundlage stellten, die Barometermessungen heranzieht und zusieht, wie unmittelbar aus dem, was Torricelli gelehrt hat, ein Pascal seine Folgerungen zog, nach welchen er auf Kirchtürmen und Bergspitzen das wirkliche Steigen und Sinken des Barometers nachwies, dann sieht man einen großartigen Fortschritt. Wenn man in dieser Weise den Schüler über die Grundfragen, wie sie sich geschichtlich gestaltet haben, unterrichtet, so ist dies außerordentlich gewinnbringend sowohl für das besondere Fach, wie auch für die allgemeine Menschheitsbildung. In der Chemie dürfen nicht die einzelnen Grundstoffe vorgeführt und gezeigt werden, was für Eigenschaften sie haben, sondern es ist eindringlicher, wenn man anführt, was sich tatsächlich begeben hat, damit der Schüler sieht, wie die einzelnen Gase nicht als dei ex machina auf der Bildfläche erscheinen, um nun vorgeführt zu werden, sondern wie sich alles mit Naturnotwendigkeit aus dem, was die Wissenschaft anstrebt, ergeben hat. In der mathematischen Geographie wird auch der genetische Lehrgang zur Bildung hervorragend geeignet sein. Man geht von Eudoxus zu Ptolemäus mit seinen Epizyklen, dann über Copernicus zu Galilei, Kepler und Newton. So machen die Schüler in kurzer Zeit denselben Weg durch, zu dem die Wissenschaft Jahrhunderte gebraucht hat, und gewinnen dadurch tiefere Einblicke in dies Wissensgebiet und Ehrfurcht vor dem menschlichen Geiste. Besonders Siegmund Günther hat vielfach eingehend auf diese Betrachtungsweise hingewiesen.

In der reinen Mathematik nehmen wir das berühmte Beispiel des Pythagoreischen Lehrsatzes! Der bekannte Göttinger Mathematiker Kästner soll gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts gesagt haben, daß er, als er als Student zum ersten Male diesen Satz

mit dem Euklidischen Beweise habe vortragen hören, sich nicht habe klar machen können, warum die Hilfslinien so und nicht anders gezogen werden. Schopenhauer spricht mit Recht von Mausefallenbeweisen in Euklids Geometrie, die uns gefangen nehmen, ohne daß wir wissen, wie es zugeht, und warum es sein muß. In dieser Weise wird der Satz zwar als richtig anerkannt werden müssen, aber er wird wenig zur Ausbildung des menschlichen Geistes beitragen. Ganz anders wirkt es, wenn der Schüler gelehrt wird, daß schon in den ältesten Werken, die wir über die chinesische Mathematik besitzen, das rechtwinklige Dreieck mit den Seiten 3, 4 und 5 vorkommt. Hier gewinnt man sofort den Satz: $3^2+4^2=5^2$. Auch bei anderen Dreiecken können wir dieselbe Gleichung aufstellen: z. B. $5^2+12^2=13^2$. Plato gibt an, wie Sokrates durch seine geistige Hebammenkunst die Ueberzeugung von der Richtigkeit des Satzes aus einem auf dem Markte von Athen gekauften, völlig ungebildeten Sklaven für ein gleichschenklig-rechtwinkliges Dreieck herausbefördert hat. So ist experimentell die Richtigkeit des Pythagoras für eine Anzahl von Spezialfällen bewiesen, sodaß man vermuten kann, daß der Satz allgemein giltig ist, und somit wird man angetrieben nach anderen strengen Beweisen zu suchen, was den Griechen bei dem ihnen angeborenen Talente zu elegantem synthetischem Schlußverfahren gelungen ist. Dagegen haben die Inder einen Anschauungsbeweis geliefert, der ebenfalls sehr lehrreich ist.

So kann man, wie der oben genannte Geschichtsforscher der Mathematik lehrt, auch wichtige ethnographische Parallelen ziehen und somit sicher humanistisch wirken.

Wenn somit geschichtliche Hinweise im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht eine humanistische Ausbildung bewirken, so ist ein Einfluß auf einem anderen Gebiete, dem höchsten, das der menschliche Geist betreibt, noch einleuchtender. Ich meine den Bereich der Philosophie, deren Studium doch gewiß humanistisch ist. Hier können wir uns kurz fassen, aber nicht etwa deshalb, weil wenig zu sagen wäre, sondern gerade deshalb, weil hier außerordentlich Vieles und Wichtiges vorliegt, was aber allgemein bekannt und anerkannt ist und deshalb nur aufgezählt zu werden braucht.

Daß der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht zur Ausbildung in Logik und Erkenntnistheorie außerordentlich viel beiträgt, ist an und für sich klar. Von mancher Seite wird zwar der Grammatik der Vorzug auf diesem Gebiete gegeben, von anderer Seite aber wird diese geradezu als alogisch hingestellt. Wie Philologen selbst über den Wert grammatischer Schulung urteilen, entnehme ich dem soeben erschienenen Hefte der „Neueren Spra-

chen". Hier heißt es am Ende der ausführlichen Besprechung einer neusprachlichen Grammatik: „Wenn der Gedanke von der logischbildenden Kraft des Grammatikunterrichts mir noch einmal entgegentritt, so werde ich sagen können: Sie können kein einziges Beispiel anführen, wo logische Klarheit als eine Folge grammatischen Unterrichts erscheint, wohl aber kann ich ein Beispiel nennen, wo trotz jahrelanger intensiver Arbeit auf grammatischem Gebiete die schlimmste Unfähigkeit herrscht, logisch scharf zu denken und sich klar und verständlich auszudrücken." Und ein anderer Philologe hat in einer besonderen Schrift (M. Kleinschmidt, Grammatik und Wissenschaft, eine psychiatrische Studie, 1908) sogar nachzuweisen versucht, daß die Grammatik ein Produkt pathologischen Denkens ist, das man höchstens als gelehrte Gedankenlosigkeit bezeichnen kann. „Der Geisteszustand, aus dem heraus sich das grammatische Wahnsystem entwickelt hat, läßt sich als eine partielle, nicht egozentrische Paranoia bezeichnen." Ueberlassen wir aber den Philologen diese Streitfrage, und wenden wir uns nun wieder unsern Gebieten zu!

Die Naturwissenschaften lehren die ewig bleibenden Gesetze der Natur bei aller Vielfältigkeit ihrer Erscheinungen kennen, sie schärfen durch Vergleichen und Unterscheiden, Ueber- und Unterordnen die Beobachtungsgabe in hohem Maße. Die Biologie lehrt genaue Definitionen, indem sie das Naturprodukt dem nächsthöheren Gattungsbegriffe unterordnet und seinen spezifischen Unterschied von anderen feststellt.

Die Naturwissenschaften bewirken die Erfindung von Hilfsmitteln zur Beobachtung wie das Fernrohr und das Mikroskop, Telephon und Mikrophon, oder Mittel zur Zerlegung der Erscheinungen wie den Polarisationsapparat u. a. oder zur genauen Messung. Denn bald hat sich herausgestellt, daß unsere sinnlichen Wahrnehmungen genau kontrolliert und verbessert werden müssen. So gelangt man zu dem Experimente und endlich zur Einsicht von der Bedeutung der Induktion. Man findet das Kausalgesetz, gewinnt Hypothesen und stellt die Naturgesetze auf. In der Physik, besonders in der Mechanik, tritt aber auch die Deduktion auf, die ja ihre Hauptanwendung in der Mathematik findet. Euklid hat ein unübertroffenes Muster von deduktiver Schlußfolgerung in seinen Elementen gegeben. Die Deduktion erlaubt, alle Folgerungen aus dem an die Spitze gestellten Satze zu ziehen, während sich bei der Induktion aus den beobachteten Fällen nur das allgemeine Gesetz ergibt, nicht aber eine Reihe von Erscheinungen, die gleichfalls in dem Gesetze enthalten sein können. Da wir aber z. B. den Wert eines Menschen nur aus seinen Aeußerungen und Handlungen zu beurteilen vermögen, so sind wir viel auf die Induktion

angewiesen. Diese spielt überhaupt eine gewichtige Rolle, muß aber mit großer Vorsicht benuzt werden, um nicht in die Irre zu führen.

Dem gegenüber gibt die Deduktion volle Gewißheit; sind die Prämissen wahr, so muß auch der richtig gefundene Schlußsatz die reine Wahrheit enthalten. Dies ist am leichtesten in der Mathematik auszuführen, die mit ihrer strengen Konsequenz das klare, logisch richtige Denken fördert. Da nun eine bewiesene Behauptung unabweislich wahr ist, so ist der Mathematik nicht nur eine große logische, sondern auch eine hohe ethische Bedeutung zuzuerkennen. Achtung vor der Wahrheit, Respekt vor der Gewißheit, an der nicht zu rütteln ist, ist das Ergebnis ihrer Untersuchung. Wenn in allen sonstigen Wissenschaften Irrtümer möglich sind, wenn neue Erkenntnisse frühere Urteile umstoßen können, so ist dies in der reinen Mathematik unmöglich. Ihre Sätze sind der ruhende Pol in der Erscheinungen Flucht.

Also: Mathematik und Naturwissenschaft dienen in hohem Maße dazu, jene Schulung der logischen Fähigkeiten im Menschen zu bewirken, die man vielfach dem Studium der alten Sprachen nachrühmt. Begriffe und Urteile scharf erfassen und klar formulieren lernt man durch sie vorzüglich, und diese Gewöhnung an sachliches Denken bildet ein vortreffliches Gegengewicht gegen die gefährliche Neigung zur Sophistik und Phrase, zu der das einseitige Arbeiten an Worten und mit Worten immerlin leicht verführt. Der mathematische Unterricht verdient um so höheren Anspruch auf Berücksichtigung, da er nicht nur logisches Denken fördert, sondern auch das Denken an die Anschauung bindet und die Gesetze des räumlichen Anschauens entwickelt. Wird diese Unterweisung nach dem methodischen Gesichtspunkte erteilt, die Wahrheit selbst finden zu lassen, so werden alle geistigen Tätigkeiten in Anspruch genommen. Durch das Gefühl der untrüglichen Gewißheit wird auch die Empfindung für das Wahre und die Einsicht in den Wert des Gesetzes gekräftigt.

Aber nicht nur zur Ausbildung des Denkvermögens und zur Hochschätzung des Guten und Wahren erziehen unsere Wissenschaften, sondern auch zur Erkennung und Beachtung des Schönen. Die Natur in ihrer unvergleichlichen Fülle und Pracht wird dem jungen Menschen aufgetan, er versenkt sich in die eingehende Ordnung und Gesetzmäßigkeit, die er auf Schritt und Tritt entdeckt, er bewundert die Schöpfung und Erhaltung der kunstvoll ineinander greifenden Naturkräfte. So wird er auch zur bildenden Kunst geführt und zu ihrer Hochschätzung. Das Größte aber, was die Naturwissenschaft als eigentliche Jugendlehrerin bietet, und worin sie tatsächlich allen anderen Disziplinen überlegen sit, das ist die

Erweckung des Forschungstriebs. Das Streben nach der Erkenntnis ist so würdig und vornehm, daß es sichtbarer Erfolge nicht bedarf; es ist der wahre Adelsbrief des Menschen, der ihn über die seelenlose Welt wie über die weiten Kreise stumpfsinnig dahin lebender Geschöpfe emporhebt. Kein Unterrichtsgebiet aber ist fähiger, diesen vornehmsten und selbstlosesten Trieb des Menschengeistes hervorzurufen und zu entwickeln als die Naturlehre. Wenn wir somit Lessing als Schwurzeugen bezeichnen können, so dürfen wir uns auch auf Emerson und Goethe berufen.

Was kann es Edleres und Höheres geben, als den Verstand des Menschen zu schärfen, seinen Forschungstrieb anzuregen und richtig zu leiten und ihn hinzuführen zum Verständnisse und zur Liebe des Wahren, Guten, Schönen! Diese wahrhaft humanistische Erziehung wird der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht bieten, wenn er zugleich in geschichtlichem und philosophischem Geiste erteilt wird.

Hierauf sprach Herr E. Jaensch über:

Das Wesen des Vergleichsvorganges, nebst Bemerkungen über seine pathologischen Abwandlungen.

(Nach Versuchen am Menschen und am Haushuhn, ausgeführt von Frl. Engelmann, Herrn Riekel und dem Vortragenden.)

Für Untersuchungen über das Wesen des Vergleichsvorganges eignen sich in besonderem Maße Individuen, die die Fähigkeit des Sinnengedächtnisses besitzen. Erscheinungen, die auch bei anderen festzustellen sind, zeigen sich hier in einem viel höheren Deutlichkeitsgrad, sodaß bei Heranziehung derartiger Individuen eine weit eindringendere Analyse des Vergleichsvorganges möglich ist. Die Ergebnisse der Beobachtungen werden durch Versuche objektiver Art (Reaktionsversuche) an Hühnern und an jungen Kindern bestätigt und schließlich auch dazu verwandt, einen Fall von pathologischer Abänderung der Vergleichsvorgänge aufzuklären.

Der Vortrag erscheint in erweiterter Form bei Johann Ambrosius Barth, Leipzig.

In der Diskussion sprachen die Herren Tuczek, Thiel und Jaensch.

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg.

Nr. 6 Oktober 1919

Am Mittwoch, den 1. Oktober fand im Zoologischen Institut eine ordentliche Sitzung statt.

Herr E. Korschelt hielt den angekündigten Vortrag:

Zur natürlichen und künstlichen Teilung von Ctenodrilus monostylos.

Es wird ein Ueberblick über den Verlauf der Teilung des Ctenodrilus an größeren und kleineren Teilstücken gegeben, wobei das Hauptgewicht auf die bei der natürlichen und besonders zahlreich bei der künstlichen Teilung beobachteten einsegmentigen Stücke gelegt wird. Die Ergänzung derartiger aus nur einem Körpersegment bestehenden Stücke zu einem die wesentlichen Teile enthaltenden Individuum erscheint von besonderer Bedeutung, die zumal im Hinblick auf die Kormentheorie erläutert wird. Das Vorführen einer größeren Anzahl von Teilstücken durch Projektion und direkt unter dem Mikroskop unterstützt diese Ausführungen.

Es wird dann die Frage nach dem alleinigen Vorhandensein der ungeschlechtlichen Fortpflanzung und dem bisher vollständigen Fehlen der geschlichtlichen Fortpflanzung bei Ctenorilus monostylos behandelt. Außerdem werden lebende Würmer vorgeführt, die aus der Sendung vom September 1916 stammen und also drei Jahre nur im Zustand der ungeschlechtlichen Fortpflanzung beobachtet wurden. Da die erste Sendung aus dem Dezember 1915 herrührt, dürfte abgesehen von den früheren Beobachtungsperioden des alleinigen Auftretens der Monogonie bald wieder eine solche von vier Jahren erreicht sein (vgl. hierzu Festschrift für E. Gasser, S. 52 ff., 1917 und Archiv f. Entwicklungsmechanik, 45. Bd., S. 603, 1919). Bei Ausführung der Korrektur im Dezember 1919 kann hinzugefügt werden, daß das nunmehr zutrifft.
S. 603, 1919).

Sodann sprach Herr Tönniges über:

Weitere Mitteilungen über die feineren Bauverhältnisse und über die Fortpflanzung von Opalina ran.

(Eine Untersuchung über die Individualität der Chromosomen und über das Wechselverhältnis zwischen Kern und Zytoplasma.)

(Mit Demonstrationen).

(Aus dem Zool. Institut der Universität Marburg.)

Im Jahre 1898 habe ich der Gesellschaft eine vorläufige Mitteilung über die feineren Bauverhältnisse dieses parasitären Ciliaten unterbreitet, deren Resultate seither von verschiedenen Seiten bestätigt wurden. Diese Mitteilung möchte ich nunmehr erweitern und näher ausführen.

Das Untersuchungsmaterial bestand wiederum aus Opalina ranarum.

Protoplasmastruktur.

Die Beobachtungen über die feinere Struktur des Plasmas führten mich bei meiner ersten Untersuchung an Opalina ran. zu dem Ergebnis einer wabigen Struktur desselben und indem ich eine Anzahl anderer Ciliaten (Bursaria, Nyctotherus, Balantidium, Stylonychia, Stentor, Paramaecium, Nassula etc.) zum Vergleich heranzog, kam ich zu dem Ergebnis, daß das Protoplasma sämtlicher untersuchter Ciliatenformen einen typischen Wabenbau im Sinne Bütschli's besäße. Gleichzeitig wies ich aber schon damals darauf hin, daß dieser Wabenbau bei den gleichen Formen oftmals verwischt erscheint und einer mehr homogenen Beschaffenheit des Plasmas Platz macht. Außerdem vermochte ich bei ein- und demselben Objekt fädige Strukturen, Granulabau und stellenweise eine spongiöse Beschaffenheit der Protoplasmastruktur zu beobachten.

Nachdem sich im Laufe der letzten Jahrzehnte meine Kenntnisse über den feineren Aufbau des Plasmas, hauptsächlich durch Beobachtungen am lebenden Objekt, wesentlich erweitert haben, vermag ich meine alte Anschauung, daß die „Grundstruktur" des Plasmas im Sinne Bütschli's eine wabige ist, nicht mehr auf-

recht zu erhalten. Ich bin zu der Ueberzeugung gekommen, daß der wabige Bau des Plasmas, der zweifellos unter den Protozoen vorherrschend verbreitet ist, nicht die „Grundstruktur“ desselben darstellen kann. Ebenso verfehlt scheinen aber auch die Theorien von Flemming, Altmann, Leydig usw. zu sein.

Es können tatsächlich alle von diesen Autoren angegebenen Strukturen im Plasma vorkommen und lassen sich auch oftmals an ein- und demselben Objekt in entsprechenden Zeiten seiner Entwicklung nachweisen; nur kann es sich aus diesem Grunde unmöglich um eine „Grund- oder Elementarstruktur“ des Plasmas handeln, sondern nur um Zustandsphasen ein- und derselben Substanz. Die verschiedenen Strukturen bilden sich dann auf Grund der durch den Stoffwechsel bedingten Schwankungen der physikalischen und chemischen Verhältnisse des Plasmas.

Meinen Beobachtungen nach ist die Elementarsubstanz des ruhenden Plasmas homogen und die Reize, die von außen kommen, bewirken die Struktur. Dieses homogene Plasma verhält sich mikrochemisch wie Plastin und weist eine starke Uebereinstimmung mit der gleichen Substanz des Kernes auf.

Wie meine weiteren Ausführungen zeigen werden, spielt diese einheitliche Grundsubstanz des Plasmas und des Kernes, mag man sie nun Plastin, Linin oder ganz allgemein Achromatin nennen, eine ausschlaggebende Rolle im Leben der Zelle. Sie bildet die aktive Masse des Plasamas wie des Kernes und beherrscht die gesamten Lebenserscheinungen.

Der von mir früher beschriebene Wabenbau des Plasmas von Opalina ran. ist von allen späteren Beobachtern, die die feineren Bauverhältnisse desselben eingehend untersucht haben, bestätigt worden. Ich kann meine damaligen Beobachtungen insofern noch erweitern, daß dieser Wabenbau durch Einlagerung eines Fibrillensystems wesentlich komplizierter erscheint. Das von mir im Jahre 1898 bereits beschriebene Myonemsytem, auf dessen Knotenpunkten die Wimpern stehen, setzt sich, von den Basalkörperchen der Wimpern ausgehend, tief in das Innere des Opalinenkörpers fort; mitunter gehen derartige Fibrillen quer durch das ganze Tier, so daß sie Wimpern gegenüberliegender Flächen verbinden. Diese Fibrillen unterhalten innige Beziehungen zu den Kernen und zu den scheibenförmigen Körperchen, so daß diese in einem Netzwerk von Fibrillen ruhen. Es ist naheliegend, anzunehmen, daß dieser Zusammenhang zwischen Cilien, Kernen und scheibenförmigen Körperchen, eine Bedeutung für die Bewegungsphysiologie des Opalinenkörpers besitzt.

Die Struktur des Ektoplasmas wechselt bei Opalina ran. stark, woraus sich die abweichenden Angaben der einzelnen Beobachter erklären lassen. Ein sicheres Unterscheidungsmittel vom Endoplasma ist darin gegeben, daß weder Kerne noch scheibenförmige Körperchen in ihm gefunden werden. Diese sind ausschließlich auf das Endoplasma beschränkt.

Cilien.

Die Cilien sitzen der Pellicula nicht direkt auf, sondern stehen in Furchen, die von den Rippenstreifen, aus denen sich die Pellicula zusammensetzt, nicht bedeckt sind. Sie dringen für eine kurze, aber deutliche Strecke in die unter der Pellicula liegende Alveolarschicht ein und endigen mit einem Basalkörperchen. Diese letzteren entstehen aus den Kernen. Auf ihre Entwicklung werde ich später eingehen. Von diesen Basalkörperchen gehen Faserwurzeln tief in das Innere des Endoplasmas hinein.

Die Cilie selbst besteht aus einem elastischen axialen Faden und nur dieser dringt in das unter der Pellicula liegende Plasma ein, während der Mantel der Cilie als kontraktiles Element direkt von der äußersten Schicht des Ektoplasmas geliefert wird.

An den Cilien ist ein schwächer färbbares Endstück sichtbar, so daß es den Anschein erweckt, als ob der elastische Axenfaden nackt aus dem Mantel hervorrage. Die Bewegung liegt in der Cilie selbst, wie ich an losgelösten Stücken, denen das Basalkörperchen fehlte, deutlich bemerken konnte. Sie geschieht also automatisch.

Die Fasern, die von den Basalkörperchen aus in das Innere des Endoplasmas bis an den Kern heranziehen (Fig. 13), können mit den Rhizoplasten der Flagellaten verglichen werden und bewirken scheinbar mit dem unter der Pellicula liegenden Fasersystem, auf dessen Knotenpunkten die Cilien stehen, die gleichzeitige und gleichsinnige Bewegung ganzer Cilienfelder des Opalinenkörpers (Coordination der Cilienbewegung).

Kerne.

Die Kernverhältnisse der Opalinen sind besonders bemerkenswert, da diese Formen die einzigen Ciliaten sind, bei denen eine Unterscheidung von Makro- und Mikronucleus nicht möglich erscheint. Sie haben scheinbar nur eine Sorte von Kernen. In der Literatur sind die Meinungen über die Kernnatur der Opalinen geteilt. Während ein Teil der Beobachter annimmt, daß alle Kerne Mikronuclei sind, oder ihnen doch gleichen, findet man an anderen Stellen die entgegengesetzte Ansicht vertreten, daß Opalina

r a n. keine Mikronuclei besitze, daß also die zahlreichen Kerne dieser Form Makronuclei seien.

Ihrem ganzen Verhalten nach sind die Kerne in der Hauptsache Mikronuclei. Ihre mitotischen Teilungen und ihre Tätigkeit bei der geschlechtlichen Fortpflanzung der O p a l i n a lassen keinen Zweifel aufkommen, daß wir es tatsächlich mit Kernen zu tun haben, die mit den Mikronuclei die übrigen Ciliaten zu vergleichen sind. Daneben entfalten sie jedoch auch eine vegetative Tätigkeit. Bilden die Opalinen nun tatsächlich eine Ausnahme und ist bei ihnen kein Makronucleus vorhanden? Ich glaube nicht und bin trotz vieler gegenteiliger Meinung von anderen Seiten der Ansicht, die ich schon in meiner früheren Publikation angedeutet habe, daß wir in den zahlreichen „scheibenförmigen Körnern“ des Endoplasmas die Aequivalente des Makronucleus zu sehen haben. Bevor

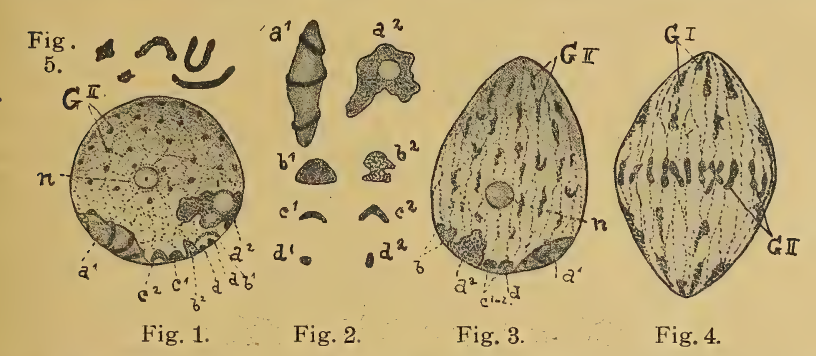


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

wir das Verhalten dieser interessanten Plasmaeinschlüsse besprechen, wollen wir die Kerne einer eingehenden Betrachtung unterziehen.

Meine weiteren Untersuchungen haben zu dem Resultat geführt, daß die bläschenförmigen Kerne von O p a l i n a r a n a r u m z w e i A r t e n v o n C h r o m a t i n enthalten, die sowohl im ruhenden Kern wie auch während der Kernteilung nachweisbar sind (Fig. 1—5). Die chromatische Substanz liegt dicht unterhalb der Kernmembran, während das Innere des Kernes mit einer schwer färbbaren Substanz, die wir als Achromatin bezeichnen wollen, erfüllt ist. Im Zentrum des Kernraumes liegt ein Nukleolus, der mit Hilfe feiner achromatischer Fäden wie in einem Netzwerk hängt (Fig. 1 n und Fig. 3 n). Das wandständige Chromatin setzt sich aus einer Anzahl größerer, stark färbbarer Gebilde (Fig. 1 a—d), die bereits mit schwächeren Vergrößerungen sichtbar sind, und einer größeren Zahl feinerer, bedeutend kleinerer Körnchen (G II) zusammen.

Beide Chromatinarten sind im ruhenden Kern gesondert und nehmen je eine Hälfte desselben ein. Dadurch macht sich eine deutliche Heteropolie des ruhenden Kernes bemerkbar (Fig. 1).

Die größeren Chromatinteile, die ich mit a—d bezeichnet habe, kommen stets in der konstanten Zahl von a c h t vor, zeigen unter sich eine ganz charakteristische Größe, Form und Struktur und zwar stets paarweise, und ihr späteres Verhalten im Kernteilungsprozeß läßt deutlich erkennen, daß wir es in ihnen mit C h r o m o s o m e n zu tun haben. Durch diese Feststellung ist der Beweis geliefert, daß es auch unter den Protozoen Formen gibt, deren Kern im ruhenden Zustand nicht nur eine Konstanz der Chromosomenzahl, sondern auch eine I n d i v i d u a l i t ä t derselben, wie sie von R a b l und B o v e r i zuerst für die Metazoenzellen festgestellt wurde, erkennen läßt. Bei O p a l i n a r a n. enthält also jeder Kern im ruhenden Zustande gleichwertige Gruppen von Chromosomen. Jedes Chromosom der einen Gruppe oder der einen Garnitur hat einen gleichwertigen Partner in der anderen Gruppe (Fig. 2 a^1 und a^2, b^1 und b^2 usw.). Diese 4 Paare sind einmal in der Größe verschieden. So läßt sich ein besonders großes Paar (a^1 und a^2) feststellen, das auch in seiner Gestalt und Struktur von den anderen Paaren unterschieden ist. Das zweite Paar ist etwas kleiner und besitzt ebenfalls eine ganz charakteristische Form (b^1 und b^2). Das dritte Paar ist noch kleiner und abermals in Gestalt und Struktur von den anderen Paaren unterschieden (c^1 und c^2). Die letzte Garnitur ist im Verhältnis zu den übrigen recht winzig und nicht leicht aufzufinden (d^1 und d^2). Die Garnituren oder Paare liegen im Kern zumeist zusammen, was aber, besonders für die größte Garnitur, nicht immer die Regel zu sein braucht. Die beiden Partner einer Gruppe sind nun weiterhin auch unter sich verschieden, was man besonders bei dem größten Paare gut beobachten kann. Der eine Partner (Fig. 2 a^1) ist zumeist langgestreckt und wurstförmig. Er zeigt auch durchgehends eine ziemlich konstante Form. Im Gegensatz dazu steht der andere Partner, der eine unregelmäßige, amöboide Gestalt aufweist (Fig. 2 a^2). Oftmals läßt er Vakuolen in seinem Innern erkennen, auch ist seine ganze Struktur lockerer. Auch a^1 kann bisweilen seine Gestalt verändern, jedoch ist sie bei weitem konstanter, so daß beide Partner leicht auseinander gehalten werden können.

Was die feinere Struktur dieser Chromosomen anbetrifft, so habe ich schon hervorgehoben, daß sie an dem größten Paare (a^1 und a^2) am besten festzustellen ist. Diese Strukturen zeigen auffällige Uebereinstimmungen mit dem Aufbau der gleichen Gebilde in Metazoenzellen. Das einzelne Chromosom besteht aus zwei scharf durch ihr Färbungsvermögen unterschiedenen Bestandteilen,

nämlich aus einer weniger färbbaren Achse, aus Plastin bestehend, die von einem chromatischen Faden spiralig umzogen wird (Fig. 2 a[1]). Die Chromosomen zeigen demnach ähnliche Bilder, wie sie von K. C. Schneider bei Ascaris (Chromosomengenese), Christine Bonnevie und anderen festgestellt wurden (Ueber Struktur und Genese der Ascaris-Chromosomen).

Während die achromatische Plastingrundlage auch bei den stärksten Vergrößerungen homogen erscheint, setzt sich die Chromatinspirale aus zahlreichen kleinen Chromatinkörnchen zusammen, die freilich so dicht gelagert sind, daß das Spiralband häufig ebenfalls einen homogenen Eindruck macht. Man kann diese chromatischen Elementarbestandteile des Chromosoms im Sinne Heidenhains als Chromiolen bezeichnen. Sie zeigen häufig hantelförmiges Aussehen, so daß man auf die Vermutung kommt, Teilungsstadien vor sich zu haben. Die Kleinheit des Objekts und die unvollkommenen Vergrößerungsverhältnisse der Linsen des Mikroskops setzen der weiteren Beobachtung eine Schranke.

Die Chromosomen bieten in ihrer Struktur äußerst wechselnde Bilder dar, so daß auf einen sehr tätigen Auf- und Abbau innerhalb ihrer Substanz geschlossen werden kann.

Von beiden Substanzen, die das Chromosom zusammensetzen, erscheint mir nicht das Chromatin das Wichtigste zu sein, sowohl was die Bewegung der Chromosomenmasse (Fig. 2 a[2]) als auch ihre Aufgabe als Träger der Erbsubstanz anbetrifft. Diese wichtigen Eigenschaften scheinen mir mehr der plastinartigen Grundlage zuzukommen.

Ueberall sehe ich bei meinen Studien, daß die bewegende Substanz, das eigentlich Lebende und Formbildende des Kernes, die achromatische Substanz ist, die in besonderer Form (als Plastin) auch als Grundlage der Chromosomen auftritt. Diese wichtige Substanz, die man auch ganz allgemein als Nukleoplasma bezeichnet hat, weist große Uebereinstimmungen mit dem Cytoplasma auf, so daß wir scheinbar in der Zelle eine einheitliche Grundsubstanz haben, die das eigentlich Bewegende, d. h. der Träger des Lebens zu sein scheint. Ich werde diese Auffassung in meiner ausführlichen Arbeit näher ausführen und begründen.

Die andere Hälfte des ruhenden Kernes wird von der zweiten Art von chromatischer Substanz eingenommen (Fig. 1 G II). Wie wir bei der Teilung des Kernes sehen werden, bildet dieses Chromatin den wichtigsten Bestandteil des Kernes. Es besteht aus einer großen Anzahl kleiner Körnchen von gleicher Größe, die gleichfalls wie die großen acht Chromosomen peripher der Kernmembran anliegen und untereinander durch ein zartes Netz-

werk von achromatischen Fasern (Linin) verbunden sind. In den Knotenpunkten des Netzwerkes liegen diese chromatischen Kügelchen (Fig. 1 G II).

Wohl infolge ihrer Kleinheit wurden sie von den meisten Beobachtern, die sich mit dem Studium der Kernteilungsvorgänge der Opalinen beschäftigt haben, übersehen, obwohl sie für den Kopulationsprozeß von ausschlaggebender Bedeutung sind. Hier zeigt es sich, daß wir in den Kernen der Opalina ran. Mikronuclei vor uns haben und daß ihr Teilungsprozeß völlig übereinstimmend mit dem anderer Ciliatenmikronuclei verläuft.

Außer diesen beiden Chromatinarten und der achromatischen Substanz findet sich inmitten des Kernes ein zumeist kugliger Nucleolus (Fig. 1 n), der oftmals ein zentrales Körnchen mit hellem Hof enthält, das von einem Centriolisten wohl für ein Centriol angesprochen werden könnte. Während der Kernteilung löst sich dieser Nucleolus in kleine Körnchen auf, deren Verbleib nicht festzustellen ist. Es ist jedoch höchst unwahrscheinlich, daß seine Substanz irgendwie zum Aufbau der Chromosomen Verwendung findet. Bereits während der Telophase wird er wieder neugebildet. Ich schließe mich betreffs der Natur der Nucleolen der schon von Korschelt 1891 betonten und neuerdings wieder von Arthur Meyer (Zool. Anzeiger Bd. 49, 1918) vertretenen Auffassung an, daß die Nucleolen rein ergastische Gebilde sind, daß sie keine Zellorgane darstellen, sondern im Zellkern neu gebildet und vollständig gelöst werden. Die Nucleolen sind nach dieser Auffassung ebenso Reservestoffsubstanzen wie z. B. die Stärkekörner oder die Eweißkristalle der pflanzlichen Zellen. Ein funktionelles Abhängigkeitsverhältnis zwischen Chromosomen und Nucleolen scheint zu bestehen, keineswegs aber eine genetische Abhängigkeit, so daß z. B. die Nucleolen aufbauendes Material für die Chromosomen zu liefern in der Lage wären.

Betrachten wir nun nach dieser Abschweifung das Verhalten beider Chromatinarten während der Mitose des Kernes.

Es sollte im Protozoenkern nur das als Chromatin bezeichnet werden, was sich den Chromosomen der Metazoenzelle als gleichwertig erweist. Färbung allein kann nicht entscheidend sein. Wir sind noch heute allein auf die morphologischen Kriterien bei der Analyse des Kernes angewiesen. Indem man den Entwicklungszyklus der einzelnen Kernbestandteile verfolgt, läßt sich durch diese morphogenetische Analyse ein tieferer Einblick in die Konstitution der Kerne gewinnen.

Beide Chromatinsorten zeigen in ihrem weiteren Verhalten, daß wir es in ihnen tatsächlich mit Chromosomen zu tun haben.

Der erste Anlaß zur Teilung geht von der achromatischen Substanz aus und zwar von der, in der die kleineren Chromosomen liegen. (Fig. 1 G II.) Der Kern verliert seine kugelförmige Gestalt und spitzt sich an dem einen Pol etwas zu, weil die achromatische Substanz des Zentrums der Kernhöhle die Kernmembran durch eine stemmende Wirkung vorbuchtet. Die Heteropolie des Kernes wird dadurch noch mehr verstärkt. Dieser achromatische Zentralkörper könnte mit dem Caryosom mancher Protozoenkerne verglichen werden, nur enthält er keine Spur von Chromatin. Die Chromosomen würden dann das Außenchromatin des Kernes darstellen (Fig. 3 G II). Centrosomen oder ähnliche Bildungen sind während des ganzen Kernteilungsprozesses nicht vorhanden und da die Kernmembran während der Teilung erhalten bleibt, so kann die Bewegungssubstanz, die die Kernspindel zur Ausbildung bringt, nur innerhalb des Kernes vorhanden sein, wo sie eine stemmende Wirkung entfalten muß. Dieses heteropole Anfangsstadium zeigt eine überraschende Aehnlichkeit nicht nur mit einigen typischen Protozoenkaryokinesen (z. B. bei Actinosphärium), sondern vor allem mit dem Verlauf der Mitosen der meisten Metazoenzellen. Durch diese einseitige Zuspitzung des Kernes werden die in den Knotenpunkten des achromatischen Netzwerks liegenden kleinen Chromosomen in Längsreihen angeordnet (Fig. 3 G II). Sie vergrößern sich allmählich, werden fadenförmig und lassen nun auch eine deutliche Struktur erkennen. Sie setzen sich aus kleinen Körnchen zusammen, die in einer homogenen, weniger färbbaren Grundsubstanz (Plastin) liegen. Häufig sieht man unter diesen „Chromiolen" hantelförmige Stadien, die auf Teilungen hinzudeuten scheinen. Auf diese Weise würde das Wachstum der Chromosomen zustande kommen. Die Chromosomen nehmen auf späteren Stadien typische Schleifenformen an, wie wir sie von den Ascarischromosomen usw. her kennen (Fig. 5). Während der Ausbildung dieser kleinen Chromosomensorte verhalten sich die 8 größeren völlig passiv (Fig. 3 a—d).

Der Kern streckt sich bald mehr und mehr in die Länge und auch der andere Pol beginnt sich zu dehnen.

Jetzt verfällt der Nucleolus der Auflösung.

Die großen Chromosomen strecken sich in die Länge und teilen sich quer, ohne daß es bei ihnen zur Bildung einer Aequatorialplatte und zu Tochterplatten im Sinne einer echten Karyokinese gekommen wäre (Fig. 4 G I). Anders verhalten sich die kleinen Chromosomen. Sie rücken zu einer typischen Aequatorialplatte zusammen (Fig. 4 G II), teilen sich quer, bilden zwei Tochterplatten und zeigen das Bild einer echten Mitose. Ziemlich kräftige Spindelfasern ziehen von Pol zu Pol durch. Sie bilden eine

reine Zentralspindel; zur Ausbildung von Mantelfasern kommt es nicht und kann es nicht kommen, da sich dieser ganze Prozeß innerhalb der Kernmembran abspielt.

Die durchgehenden Spindelfasern sind stellenweise mit kleinen Körnchen besetzt und anastomosieren auch mitunter. Der Kern bildet eine Hantel und teilt sich, häufig mit einem Zwischenkörper. Nach der Durchschnürung kehren die Tochterkerne in das Ruhestadium zurück.

Der Nucleolus hat sich inzwischen neu gebildet.

Der ganze Verlauf dieser soeben kurz geschilderten Mitose, bei der sich Pro-, Meta-, Ana- und Telophase genau wie bei der Teilung der Metazoenkerne feststellen lassen, läßt klar erkennen, daß wir es in diesen Kernen der Opalina ran. mit Mikronuclei zu tun haben. Es ist bis jetzt von keinem Makronucleus eine derartige typische Mitose bekannt geworden. Der Mikronucleus der Ciliaten muß mit dem normalen Zellkern der Metazoenzelle verglichen werden und keineswegs der Makronucleus, der nur ein Abkömmling des ersteren ist.

Auffällig ist das Vorhandensein von zwei so stark von einander abweichenden Chromatinarten, die beide Chromosomen darstellen.

Ich habe bislang absichtlich den Gebrauch der neueren Protozoenterminologie vermieden, weil sich die meisten der aufgestellten Bezeichnungen in ihrer verwirrenden, unklaren Menge und Fassung in Zukunft kaum aufrecht erhalten lassen werden.

Jedoch können wir zweifellos in den Kernen von Opalina ran. zwei morphologisch verschiedene Chromatinarten unterscheiden, für die wir in Anlehnung an neuere Bezeichnungen die Namen vegetatives Chromatin (= Trophochromatin) für die acht größeren Chromosomen, und generatives (= Idiochromatin) für die kleineren Chromosomen einführen wollen. Das erstere würde also das Arbeitschromatin sein und der Bewegung, dem Stoffwechsel und dem Wachstum der Opalina vorstehen, während das letztere das Geschlechtschromatin darstellen würde.

Es ist jedoch an dieser Stelle hervorzuheben, daß das Geschlechtchromatin das Arbeitschromatin neu aus sich hervorbringen kann, so daß diese Sonderung nur eine funktionelle Folgeerscheinung, jedoch keineswegs eine prinzipielle Duplizität des Chromatins darstellt. Die auffällige Erscheinung von zwei Arten Chromatin in den Kernen der Opalina ran., die übrigens auch bei anderen Opalinen (z. B. Opalina intestinalis, caudata, dimidiata, obtrigona usw.) vorkommen, wie ich mich überzeugt habe,

steht durchaus nicht vereinzelt da, sondern scheint bei Protozoen häufiger zu sein.

So sind ähnliche Verhältnisse bei Gregarinen beschrieben worden, bei denen ebenfalls Kerne mit konstanten Chromosomenzahlen auftreten. Die Hauptmasse des Kernes, der sich in den erwachsenen Gregarinen vorfindet, besteht aus vegetativem oder somatischem Chromatin, während das wichtige Geschlechtschromatin nur in geringer Menge in demselben Kern vorhanden ist. Sobald die Fortpflanzung, d. h. die Sporenbildung, beginnt, findet die Auflösung dieses großen Kernes, des sog. Primärkernes, statt. Er geht im Plasma zugrunde. Nur ein kleiner Rest dieses Primärkernes bleibt erhalten und bildet eine kleine Spindel. Dies muß nach unserer heutigen Auffassung als Geschlechtschromatin gedeutet werden. Es teilt sich in rascher Folge (Mitose, Konstanz der Chromosomenzahl, Verhalten wie die Mikronuclei der Ciliaten) in eine Generation von Tochterkernen (Sekundärkerne), welche der Ausgangspunkt für die Sporenbildung werden. Der Gregarinenkern besteht demnach aus zweierlei Chromatinmaterial, welches man als Arbeitschromatin (ernährendes, somatisches, vegetatives oder Trophochromatin) und Geschlechtschromatin (generatives, propagatorisches, Vererbungs- oder Idiochromatin) unterschieden hat. Das Arbeitschromatin war nur so lange nötig, als die Gregarine heranwuchs und geht daher bei der Fortpflanzung zugrunde; das Geschlechtschromatin bleibt dagegen erhalten, weil es den Fortpflanzungsvorgang besorgen muß.

Im weiteren Verlauf der Entwicklung vermag das Geschlechtschromatin, wie ich schon betonte, das Arbeitschromatin neu zu bilden, so daß die ganzen Lebensvorgänge der Zelle, einschließlich der Fortpflanzung, durch eine Substanz beherrscht werden, nämlich durch das Geschlechtschromatin.

Aehnliche Verhältnisse kommen bei Radiolarien usw. vor.

Sind auch die Kerne der Opalinen im vorwiegenden Maße Mikronuclei, denn das beweist ihre mitotische Teilung und ihr späteres Verhalten bei der Kopulation der Gameten, so sind sie doch keine völlig reinen Mikronuclei, die wie bei anderen Ciliaten keine Veränderungen im ruhenden Zustande erkennen ließen. Chemische Umwandlungen, die sich auch morphologisch in ihrer Form und Struktur bemerkbar machten, treten bei den echten Mikronuclei in der Ruhe bekanntlich nicht auf. Die Opalinenkerne nehmen jedoch auch in der Ruhe an den Stoffwechselvorgängen teil, wie aus den Veränderungen ihrer Struktur ersichtlich ist, so daß sie also in gewissem Sinne für eine bestimmte Zeit Makro- und Mikronucleus in sich vereinigen.

Makrochromidien.

Neben den zahlreichen Kernen kommen im Endoplasma regelmäßig Gebilde in größerer Menge vor, die bereits bei der Untersuchung des lebenden Objektes durch ihre grünliche Färbung und durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen auffallen. Durch ihre opalisierende Eigenschaft haben sie der Gruppe den Namen „Opalina" verschafft.

Diese Körperchen bilden durch ihr Verhalten die interessantesten Gebilde im Körper dieses Ciliaten und sind Ursache zahlreicher Untersuchungen geworden, ohne daß man im Verlauf eines viertel Jahrhunderts über ihre wahre Natur ins klare gekommen wäre.

Sie wurden im Jahre 1898 zuerst von mir einer genaueren Beobachtung unterzogen, und es gelang mir, ihre Teilungsfähigkeit und ihre innere Struktur festzustellen.

Von den meisten Nachuntersuchern wurde diese Feststellung in Zweifel gezogen. Ebenfalls wurde der wabenartige oder vakuolige Bau dieser Körperchen bezweifelt, so daß ich mich genötigt sah, diesen Gebilden erneut meine Amfmerksamkeit zuzuwenden.

Schon in meiner ersten Mitteilung hatte ich betreffs der Natur der Körperchen die Vermutung ausgesprochen, daß wir es in ihnen möglicherweise mit dem in zahlreiche kleine Teilstückchen aufgelösten Makronucleus zu tun hätten und diese Vermutung, für die ich zu jener Zeit schon gewisse Unterlagen besaß, hat sich bei weiterer Untersuchung bestätigt, so daß ich heute mit ziemlicher Sicherheit behaupten kann, daß wir in diesen Körperchen das so lange vermißte Aequivalent des Makronukleus vor uns haben, wodurch die Opalinen als bisher einzige makronurcleuslose Vertreter unter den Ciliaten aus ihrer Ausnahmestellung heraustreten und sich als echte Ciliaten erweisen, was ja auch auf Grund ihrer sonstigen Bauverhältnisse nicht zweifelhaft sein konnte.

Mehrere früheren Autoren hatten diese Gebilde als „Exkretkörner" bezeichnet. Es ging aber aus meiner Untersuchung hervor, daß diese Auffassung nicht weiter haltbar war, sondern daß wir es in ihnen auf Grund der mikrochemischen Reaktion, der Feststellung eines wabigen Baues und der Teilungsfähigkeit, mit organischen Gebilden zu tun haben.

Gestalt und Größe dieser Körperchen sind sehr verschieden. Sie sind zumeist scheibenförmig und rund, können aber auch häufig unregelmäßige Formen zeigen. Die Größenverhältnisse sind bedeutenden Schwankungen unterworfen, so daß wir alle Uebergänge von bei stärksten Vergrößerungen kaum sichtbaren

Körnchen (7 b) bis zu Körperchen erhalten, die an Größe den Kernen nicht nachstehen.

Die von anderen Autoren bezweifelten Teilungen habe ich nun seit meiner ersten Mitteilung so häufig einwandsfrei feststellen können, daß an ihrem Vorkommen fernerhin kein Zweifel walten kann. Nebenstehend gebe ich einige Abbildungen, die ich aus einer großen Anzahl ausgewählt habe (Fig. 9 und 10).

Wie man in Fig. 6 sieht, sind sie aus zwei, färberisch sich verschieden verhaltenden Substanzen zusammengesetzt. Auf einer mitunter homogenen, zumeist aber vakuolisierten Grundsubstanz, die ich auf Grund ihres schwach färbbaren Charakters als Achromatin bezeichnen will, liegen ein bis zwei chromosomenartige, schleifenförmige Chromatinspangen, die mitunter auch einen verästelten Bau aufweisen (Fig. 6 ch). Die achromatische Substanz

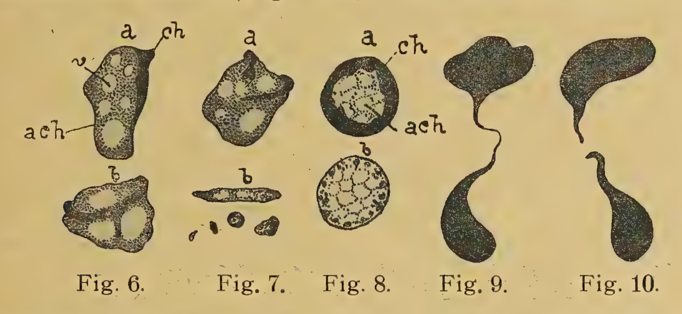


Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

(Plastin) ist die Bewegungssubstanz und enthält mitunter im Innern ein centriolähnliches Körnchen.

Die Körperchen enthalten, wie man sieht, die beiden wichtigsten Bestandteile echter Kerne und obwohl ich bislang an ihnen keine Kernmembran nachweisen konnte, so machen sie doch den Eindruck von zahlreichen kleinen Makronuclei. Mitunter bilden sie sich auch zu typischen kleinen Kernen um, bei denen das Achromatin (Fig. 8 ach) in der Mitte und das Chromatin (ch) randständig liegt. Sie sind dann schwierig von den übrigen Kernen des Opalinenkörpers zu unterscheiden (Fig. 8 b). Ausschlaggebend für ihre Kernnatur sind jedoch die Teilungen, die auf direktem Wege vor sich gehen (Fig. 9 u. 10). Sie teilen sich wie echte Makronuclei. Vor der Teilung ziehen sie sich zusammen, ihre Substanz verdichtet sich und die Vakuolen im Innern verschwinden, wodurch ihr Bau homogen wird. Beide Substanzen, Achromatin und Chromatin, vermischen sich, so daß sie an Objekten nicht mehr auseinander gehalten werden können. Die Körperchen nehmen Hantelform an und es erfolgt auf amitotischem Wege, sogar bisweilen unter Bildung eines Zwischenkörpers, die Durchschnürung. Häufig

hängen die Teilstücke durch einen Verbindungsfaden noch längere Zeit zusammen (Fig. 9).

Wenn diese Teilungen auftreten, so befinden sich zumeist sämtliche Körperchen einer Opalina in Teilung, was dafür spricht, daß, obwohl die einzelnen Teilstücke getrennt sind, wir in der Gesamtheit derselben eine einheitliche Masse, einen Makronucleus, vor uns haben.

Die Körperchen, die ich mit der Bezeichnung „Makrochromidien" belegt habe, um anzudeuten, daß der Makronucleus in Form von Chromidien das Plasma des Opalinenkörpers durchsetzt, kommen ausschließlich im Endoplasma vor, was weiterhin für ihre Kernnatur spricht. Für diese endoplasmatischen Einschlüsse konnte die von einigen Autoren benutzte Bezeichnung „Exkretkörner" nicht weiter gebraucht werden. Ich hatte sie in meiner ersten Veröffentlichung daher in Uebereinstimmung mit Zeller als „scheibenförmige Körperchen" bezeichnet. Da es aber auch unregelmäßig gestaltete Körperchen gibt (Fig. 6 und 7), so war auch diese Bezeichnung nicht ganz zutreffend. Sie als „Granula" zu bezeichnen, könnte zu Verwechselungen mit ähnlichen Einschlüssen bei anderen Ciliaten führen. Ich habe ihnen aus diesem Grunde, wenn auch höchst ungern, um die Protozoenterminologie nicht noch weiterhin zu vermehren, einen neuen Namen, „Makrochromidien", geben müssen.

Interessant ist nun das weitere Verhalten dieser Gebilde und vor allem ihre Herkunft. Es geht aus meinen Untersuchungen, die ich später ausführlich mitteilen werde, hervor, daß sie mit dem Stoffwechsel des Opalinenkörpers, sowie mit der Bewegung und Bildung des Ciliensystems in inniger Beziehung stehen. Sie erfüllen also durchaus die Aufgabe, die bei anderen Ciliaten der Makronucleus zu versehen hat, d. h. sie sind als vegetatives Element zu betrachten. Das wird uns auch besonders aus ihrer Entstehung klar werden.

Wenn die Opalinen im Frühjahr zur Encystierung und geschlechtlichen Fortpflanzung schreiten, so lösen sich die Makrochromidien auf (Fig. 7 b), wandern an die Peripherie der zur Encystierung schreitenden Opalina und werden nach außen abgesondert, um die Cystenhülle zu bilden. In der encystierten Opalina sind dann überhaupt keine, oder nur ganz wenige, unscheinbare Makrochromidien zu finden.

Nach der Kopulation werden sie durch Austritt chromidialer Substanz aus den Kernen der jungen Opalina neugebildet (Fig. 11 bis 13).

Es findet demnach ein Prozeß statt, der große Aehnlichkeit mit dem Zugrundegehen des Makronucleus verwandter Ciliaten

während der Konjugation hat. Auch hier wird nach Ablauf des Konjugationsprozesses der neue Makronucleus aus dem Mikronucleus gebildet.

Ob dieses aus dem Mikronucleus auswandernde Chromidialmaterial den von mir bei der Kernteilung der Mikronuclei beschriebenen größeren Chromosomen, also dem vegetativen Chromatin, entspricht, vermochte ich bislang noch nicht zu entscheiden. Da aber dieses Chromatin, wie ich an entsprechender Stelle näher ausgeführt habe, nur ein Derivat oder Umbildungsprodukt derselben Substanz ist, die auch das Geschlechtschromatin hervorbringt, oder ersteres aus letzterem hervorgeht, so ist auf diese scharfe Scheidung, wie es bislang in der neueren deutschen Protozoenliteratur geschieht, kein allzugroßer Wert zu legen.

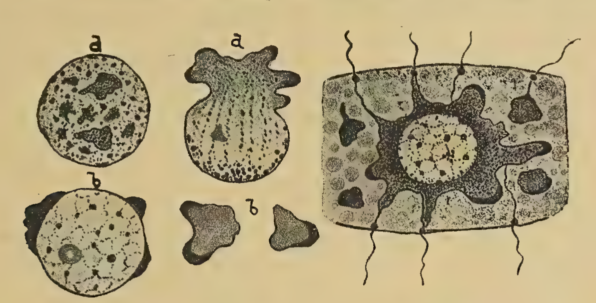


Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13.

Wie verhält sich nun die junge Chromidialsubstanz (Fig. 11 a), wenn sie in der jungen Opalina, die im Kaulquappendarme lebf, den Mikronucleus verläßt?

Die Substanz tritt als homogene Masse aus dem Kern aus (Fig. 11 b) und sendet allseitig amöboide, lappenförmige Fortsätze in das Plasma hinein (Fig. 13).

Häufig sieht man an den Austrittsstellen den Kern amöboide Fortsätze aussenden (Fig. 12 a), ähnlich wie es K o r s c h e l t für die Eizellen von D y t i s c u s beschrieben hat. An den peripheren Teilen scheiden diese lappenförmigen Gebilde bald eine chromatische Kappe aus. (Auf den Abbild. Fig. 11—13 ist sie schwarz dargestellt.)

Von diesen Chromatinhauben gehen feine Ausläufer bis an die Pellicula, um dort Basalkörperchen zu bilden, wodurch die Entstehung der Cilien aus dem Ektoplasma angeregt wird (Fig. 13). Auch die Myoneme entstehen aus der chromidialen Substanz, wie ich in meiner ausführlichen Arbeit zeigen werde.

Die Chromatinkappen und ein Teil der in ihrer Umgebung befindlichen achromatischen Substanz (Plastin) schnüren sich schließ-

lich von der zentralen Chromidialmasse ab (Fig. 12 b und 13), so daß auf diese Weise die Makrochromidien isoliert ins Endoplasma zu liegen kommen. Die feinen Verbindungsfasern der Makrochromidien mit den Basalkörperchen sind jedoch während des ganzen Lebens der Opalina nachweisbar (Fig. 13).

Wir sehen aus diesen kurzen Andeutungen, daß nach Ablauf der geschlechtlichen Vorgänge eine völlige Reorganisation der jungen Opalina stattfindet. Alle Teile des Organismus erleiden einen durchgreifenden Umbau und Neuaufbau. Diese Metamorphose geht vom Kern aus und zwar vom Geschlechtskern, dem Mikronucleus, so daß die Tätigkeit des Geschlechtschromatins den ganzen Organismus verjüngt und erneuert. Es kann im wahren Sinne des Wortes als „generatives" Chromatin bezeichnet werden.

Korschelt hatte bereits im Jahre 1889 in seiner bekannten Morphologie und Physiologie des Zellkernes auf die große Bedeutung des letzteren in seinen Stoffwechselbeziehungen zum übrigen Zellkörper eingehend hingewiesen.

Erst die Untersuchungen der neueren und neuesten Zeit, besonders der Münchener Schule, haben die Frage von der physiologischen Bedeutung des Zellkernes wieder in den Vordergrund des Interesses gerückt, so daß die damaligen eingehenden Beobachtungen Korschelts erneut an Wert gewinnen und ihre Bestätigung finden.

Im Jahre 1914 habe ich dann den Nachweis der Entstehung der Trichocysten aus dem Makronucleus von Frontonia leucas erbracht und damit ebenfalls gezeigt, welche bedeutsame Rolle der Kern im Leben der Zelle spielt.

Meine heutigen Darlegungen sollten weitere Beiträge zu dieser wichtigen Zellfrage bringen.

Zusammenfassung.

1. Ablehnung der Bütschli'schen Wabentheorie als Elementarstruktur" des Plasmas.
2. Die Cilien besitzen einen Achsenfaden im Innern und nur dieser durchbohrt die Pellicula. Die Basalkörperchen entstehen aus dem Kern. Von ihnen gehen Fasern, d. h. Wimperwurzeln, in das Endoplasma bis zu den Kernen.
3. Die Kerne von Opalina ran. enthalten zwei Arten von Chromatin (vegetatives und generatives Chromatin). Beide Chromatinsorten sind auch im ruhenden Kern als Chromosomen erkennbar. Die Individualität der Chromosomen (Zahl, Größe, individuelle Besonderheiten) wurde nachgewiesen. Die scheiben-

förmigen Körperchen (Makrochromiden) sind dem Makronucleus homolog zu setzen, während die zahlreichen kleinen Kerne Mikronuclei darstellen. Vor der Kopulation werden die Makrochromidien (d. h. der alte Makronucleus) aufgelöst und nach derselben von den Mikronuclei neugebildet. Nach der Kopulation findet eine völlige Reorganisation des Opalinenkörpers von den Kernen aus statt.

4. Die scheibenartigen Körperchen (Makrochromidien) haben eine Struktur, vermögen sich zu bewegen, wachsen und teilen sich auf direktem Wege. Folglich müssen sie organischer Natur sein. Sie sind dem Makronucleus verwandter Ciliaten homolog zu setzen.
5. Die Cystenhülle der sich encystierenden Opalina wird von den ausgestoßenen Makrochromidien gebildet.
6. Zu jeder Zeit findet in der ausgebildeten Opalina eine rege Abgabe von Kernsubstanz an das Plasma statt. Häufig werden dabei ganze Kerne aufgelöst.

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg.

Nr. 7 Oktober 1919

Am Mittwoch den 22. Oktober fand im Mineralogischen Institut eine ordentliche Sitzung statt.

Herr O. Weigel hielt seinen angekündigten Vortrag:

Die Wasserbindung in den Zeolithen.[1])

Als Rinne 1913 in den „Fortschritten der Mineralogie" eine zusammenfassende Darlegung unserer physikalisch-chemischen Kentnisse der Zeolithe brachte, konnte er mit vollem Recht den Schluß ziehen, daß diese eigenartigen Silikat-Wasserverbindungen nach den vorliegenden Beobachtungen am angemessensten als kristalline Substanzen mit amikroskopischem Colloidzustand aufzufassen seien, wobei die Frage, ob der Dispersitätsgrad bis zu dem einer festen Lösung im Sinne van 't Hoff's herabgehe oder nicht, offen gelassen wurde.

Dieser auf die umfassenden Versuche von Friedel, Rinne, Tammann, Löwenstein, Zambonini u. a. sich stützenden Ansicht stellten seit 1914 A. Beutell und seine Mitarbeiter Blaschke und Stoklossa in einer Reihe von Veröffentlichungen [2]) die Auffassung gegenüber, daß die Zeolithe Wasserverbindungen von der Art der gewöhnlichen Salzhydrate seien. Diese Behauptung glaubten ihre Vertreter durch eine Reihe experimenteller Untersuchungen beweisen zu können, die in der Aufnahme von Wässerungscurven der Zeolithe beruhten, deren Verlauf sich im Gegensatz zu den von allen früheren Forschern untersuchten Entwässerungscurven als nicht continuierlich sondern stufenförmig ergab. Zur Erklärung dieses unterschiedlichen Verhaltens der Zeolithe bei Wässerung und Entwässerung wurde die Hypothese aufgestellt, daß der Wassergehalt der Zeolithe

---

1) In der vorliegenden vorläufigen Mitteilung können infolge des sehr knappen zur Verfügung stehenden Raumes nur die wichtigsten Ergebnisse einer eingehenden Untersuchung in oft unerwünschter Kürze wiedergegeben werden, ohne die einschlägige Literatur gebührend zu berücksichtigen. Eine ausführliche Darlegung der Versuchsanordnung und der Ergebnisse unter Heranziehung der umfangreichen Literatur soll später an anderer Stelle folgen.

2) K. Blaschke, Wasserbindung und Basenaustausch im Desmin. Inaug.-Diss. Breslau 1914. — A. Beutell u. K. Blaschke, Z. B. f. Min. etc. 1915 p. 4 und p. 195. — G. Stoklossa, N. J. f. Min. etc. Beil. Bd. 42, 1917, p. 1.

eine Funktion nicht allein von Temperatur und Wasserdampfdruck sondern auch der Kohäsion sei. Die kontinuierlichen Entwässerungscurven seien dadurch zu erklären, daß bei einer bestimmten Temperatur infolge Verzögerung durch die Kohäsion im Inneren eines Massenteilchens das erste Wassermolikül, an der Oberfläche aber bereits das zweite absiede. Die Wässerungscurven müßten hingegen bei chemischer Bindung des Wassers, weil der Einfluß der Molekularattraktion ausgeschaltet sei, zickzackförmig verlaufen.

Ich muß gestehen, daß es mir auf Grund dieser von den Verff. gebotenen äußerst knappen Darlegung ihrer Hypothese nicht gelungen ist, mir ein physikalisch-chemisch einwandfreies Bild der Wasseraufnahme und -abgabe der Zeolithe zu machen, das mit den vorliegenden Beobachtungen im Einklange wäre.

Auffallenderweise ist bislang von keiner Seite energischer Widerspruch gegen diese neue Auffassung der Zeolithe erhoben worden, obwohl durch sie allen früheren so umfassenden und sorgfältigen Arbeiten jede Bedeutung für die Lösung der Zeolithwasserfrage abgesprochen wird, und obwohl eine genaue kritische Durchsicht in den Arbeiten Beutells und seiner Mitarbeiter so zahlreiche und schwerwiegende Mängel sowohl in experimenteller wie deduktiver Hinsicht aufdeckt, daß die Schlußfolgerungen dieser Autoren weder als begründet noch als wahrscheinlich gemacht, geschweige denn, wie dies von den Verff. z. T. unter Hervorhebung durch fetten Druck behauptet wird, als bewiesen gelten können.

Von diesen Angriffspunkten, welche die Arbeiten Beutell's und seiner Mitarbeiter bieten, können hier nur die wichtigsten und auch diese nur in kurzer Aufzählung dargelegt werden. In erster Linie ist die Versuchsanordnung[1]), die zur Gewinnung der „beweisenden" Wässerungscurven diente, mit verhängnisvollen Fehlerquellen behaftet.

Der von Beutell und seinen Mitarbeitern benutzte durch zwei Glühlampen geheizte Röhrenofen besaß eine sehr geringe Wärmekapazität und keinen automatischen Temperaturregler. Bei der meist angewandten Versuchsdauer von 14—16 Stunden ist so eine Temperaturconstanz von + 2° nicht zu erreichen, vielmehr können bei den häufig sehr erheblichen Spannungsschwankungen städtischer Elektrizitätswerke vorübergehend weit stärkere Temperaturschwankungen eintreten. Bei den Zeolithen führt aber ein auch nur kurze Zeit dauerndes Ueberschreiten der Versuchstemperatur zu erheblichen Fehlern, da von ihnen Wasser schnell abgegeben, aber sehr langsam wieder aufgenommen wird. Da außerdem die Länge des

1) Vergleiche Abbildung und Beschreibung in der Arbeit Stoklossas.

Heizrohres im Ofenraume nach der von Stoklossa gegebenen Photographie nur etwa 12 cm beträgt, so erscheint es bei der äußerst ungünstigen Heizart ausgeschlossen, daß bei höheren Temperaturen ein hinreichend langes Rohrstück eine auf $\pm 2^0$ constante Temperatur aufweist. Auch die Temperaturmessung, die durch ein in 2^0 geteiltes Winkelthermometer erfolgte, wird diese Genauigkeit nicht erreicht haben, da die Korrektion für den herausragenden Faden, falls eine solche überhaupt erfolgte, nicht mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln war. Die Sicherheit der Temperaturangaben wird 5^0 kaum überschritten haben.

Völlig verfehlt erscheint die Anordnung, um einen bestimmten Wasserdampfdruck im Ofenraume herzustellen. Hierzu wurde durch den Ofen ein Luftstrom gesaugt, der vorher eine Waschflasche mit Wasser durchlief, die in einem Wasserbade bei den Versuchen bis 100^0 auf einer 7—10^0 unter der Versuchstemperatur liegenden Temperatur, bei den Versuchen über 100^0 dicht unter dem Siedepunkte erhalten wurde. Eine automatische Temperaturregelung besaß nach Stoklossa's Photographie auch dieses Wasserbad nicht, obwohl einer Temperaturänderung von 5^0 eine Aenderung des Wasserdampfdruckes um 30 % und damit eine erhebliche Änderung des Wassergehaltes im Zeolithe entsprechen kann. Weit schwerwiegender ist aber der Umstand, daß die mit Wasserdampf bei der Wasserbadtemperatur gesättigte Luft eine etwa 50 cm lange, frei die Luft durchsetzende Rohrleitung durchlaufen mußte, bevor sie in den Ofen eintrat. Bei allen Versuchen, wo die Temperatur des Wasserbades die des Zimmers überstieg, mußte sich in der Rohrleitung Wasserdampf kondensieren, und der Wasserdampfdruck im Ofen entsprach keineswegs dem Sättigungsdruck bei der Temperatur des Wasserbades sondern der dieses kondensierten Wassers, die zwischen der Temperatur des Zimmers und des Wasserbades lag und durch allerlei unbekannte Faktoren, wie Zimmertemperatur, Luftzug im Zimmer, Strömungsgeschwindigkeit der angesaugten Luft usw., in unkontrollierbarer Weise beeinflußt wurde.

Weiterhin erscheint es auch sowohl nach den eigenen Angaben der Verff., wie nach den Versuchen früherer Autoren und meinen eigenen keineswegs sicher, daß in allen Fällen bei der angewandten Versuchsdauer von 14—16 Stunden wirklich das Gleichgewicht bei der Wässerung erreicht war.

Diese Fehlerquellen reichen völlig aus, um die von den Verff. erhaltenen Abweichungen ihrer Wässerungscurven vom kontinuierlichen Verlaufe zu erklären [1]). Wenn Stoklossa beispielsweise den

1) Vergl. z. B. die Wiedergabe der Beobachtungen Stoklossas am Heulandit in Fig. 2, Kurve S.

Wassergehalt des Heulandits bei 184° mit 3,31 und bei 186° mit 3,07 Molen oder bei 218° mit 2,18 und bei 220° mit 2,03 Molen angibt, so darf aus diesem experimentellen Befunde keinesfalls ein Sprung — und damit das Auftreten eines neuen Hydrates — zwischen 184° und 186° bezw. zwischen 218° und 220° gefolgert werden, da die Temperaturdifferenz von 2° innerhalb der Fehlergrenzen liegt, und daher nur die Bildung von Mittelwerten für 185° bezw. 219° zulässig ist.

Wenn man die z. T. so außerordentlich schwach ausgeprägten Stufen in den Wässerungscurven der untersuchten Zeolithe betrachtet [1]), so bleibt es unbegreiflich, daß die Verff. in keinem Falle für ein und denselben Zeolith zwei von einander unabhängig aufgenommene Wässerungscurven mitgeteilt haben, die durch ein beiden gemeinsames Auftreten der Knickpunkte an den gleichen Punkten die Unabhängigkeit der Curvenform von Versuchsfehlern hätten wahrscheinlich machen können.

Auf die Ergebnisse früherer sorgfältiger Untersuchungen anderer Forscher, die mit ihren eigenen z. T. durchaus nicht im Einklang stehen, gehen Beutell und seine Mitarbeiter nicht ein. So wurde von zahlreichen Autoren festgestellt, daß innerhalb bestimmter Temperatur- und Druckbereiche Wässerung und Entwässerung zu demselben Gleichgewichtswerte führt, was der Beutell'schen Kohäsionshypothese widerspricht. Die Aufnahme der verschiedensten Gase, Flüssigkeiten und festen Stoffe durch teilweise entwässerte Zeolithe war bei der Auffassung der Zeolithe als kristalline Kolloide oder feste Lösungen verständlich; sollen aber die Zeolithe gewöhnliche Salzhydrate sein, so wird dieser Vorgang wieder völlig rätselhaft.

Stoklossa fand beim Chabasit aus seinen durch Wägung der Versuchssubstanz ermittelten Wassergehaltbestimmungen scharfe Knicke der Wässerungscurve, die — indem er das Silikatmolekül verdoppelt annahm — mit großer Genauigkeit den Wassergehalten von 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 Mol entsprachen und von ihm als Beweis der Existenz der entsprechenden Hydrate hingestellt wurden. Nun hat aber Friedel in sorgfältigen Untersuchungen festgestellt, daß teilweise entwässerter Chabasit bedeutende Mengen Luft — bis maximal 2,7 Gewichtsprozente — aufnimmt, sodaß Stoklossa, der diese Luftabsorption nicht berücksichtigte, keinesfalls gerade bei den 10, 9, 8 u. s. f. Molen entsprechenden Wassergehalten seine Knickpunkte hätte finden dürfen.

Widerspruch muß auch dagegen erhoben werden, daß von Beutell und Blaschke zwei Entwässerungscurven Friedels (Bull.

---

1) Vergl. Fig. 2, Kurve S.

soc. franç. min. 1896. 19. p. 94), die für fein- und grobgepulverten Analcim wesentlich verschiedenen Lauf zeigen, als Stütze ihrer Kohäsionshypothese herangezogen werden. Denn Friedel selbst hat in dem gleichen Bande der Zeitschrift auf pag. 364 mitgeteilt, daß die Verschiedenheit beider Curven nicht, wie er früher irrtümlich angenommen hätte, durch die verschiedene Korngrösse, sondern fast ausschließlich durch die Verschiedenheit der Luftfeuchtigkeit bei beiden Versuchsreihen bedingt sei. Ein gewisser Einfluß der Korngröße sei vorhanden; vor allem werde die zur Erreichung des Gleichgewichtes erforderliche Zeit, ein wenig auch der Gleichgewichtswert selbst beeinflußt. Dieser letzte Einfluß sei gleich Null, wenn hinreichend feines Pulver verwendet werde.

Einen ähnlichen Mangel an kritischer Beurteilung ihrer Schlüsse lassen Beutell und Blaschke erkennen, wenn sie aus Tammann's Angaben des Wassergehaltes der mit 1 % Schwefelsäure in's Gleichgewicht gekommenen Zeolithe eine Stütze ihrer Hydratauffassung herleiten wollen. Sie weisen darauf hin, daß diese Wassergehalte ganzen Molen entsprechen, wenn man als mögliche Fehlergrenze 2 Einheiten der ersten Dezimale und — beim Gmelinit — Verdopplung des Moleküls annimmt. Wenn man die Fehlergrenze noch um ein Weniges, auf 2,5 Einheiten erweitert, so könnte man nach diesem Verfahren jeden beliebigen Wassergehalt als einer ganzen Molzahl entsprechend auslegen.

Auch die Deutung ihrer eigenen Wässerungscurven erscheint nicht immer einwandsfrei. So zeigt die Wässerungscurve des Heulandits [1]) nach Stoklossa einen Knick bei 9,6 Molen Wasser, bei etwa 70°, der durchaus den bei 5, 6, 7 Molen auftretenden Knicken an Schärfe nicht nachsteht. Folgerichtig hätte aus diesem Knick ebenso wie es aus denen bei 5, 6, 7 Molen geschehen ist, auf das Auftreten eines neuen Hydrats, etwa des mit 24 Molen Wasser — unter Annahme des fünffachen Silikatmoleküls — geschlossen werden müssen, was der Verf. aus begreiflichen Gründen unterlassen hat.

Noch zahlreiche Punkte der Arbeiten Beutells und seiner Mitarbeiter könnten so einer kritischen und ablehnenden Beurteilung unterzogen werden. Bei der Knappheit des verfügbaren Raumes sei hier nur noch darauf hingewiesen, daß auch die optische Charakterisierung von 11 verschiedenen Hydraten des Heulandits durch Stoklossa hierzu herausfordert.

Ich glaube, daß nach den obigen Darlegungen der Schluß berechtigt ist, daß die von Beutell und seinen Mitarbeitern aufgestellten Behauptungen — die Hypothese der Beeinflussung des

1) Vergl. Fig. 2, Kurve S.

Wassergehaltes der Zeolithe durch die Kohäsion, die Diskontinuität der Wässerungscurven und die daraus gefolgerte Natur der Wasserbindung als einer chemischen nach Art der gewöhnlichen Salzhydrate — in keiner Weise bewiesen oder auch nur wahrscheinlich gemacht worden sind. Die im Eingang dieser Mitteilung wiedergegebene Formulierung unserer Anschauungen über die Zeolithe durch F. Rinne ist demnach auch nach den Beutell'schen Untersuchungen noch als zutreffend anzusehen und durch keine experimentelle Beobachtung als irrig erwiesen.

Es muß nun aber hervorgehoben werden, daß zwar durch die von allen Forschern vor Beutell aufgenommenen Entwässerungscurven es als erwiesen gelten darf, daß die Zeolithe keine Wasserverbindungen nach Art der gewöhnlichen Salzhydrate sind, daß aber bei allen diesen Untersuchungen entweder die Versuchsgenauigkeit oder die Zahl der Beobachtungspunkte nicht ausreicht, um mit Sicherheit das Fehlen von Diskontinuitäten auf diesen Curven zu behaupten.

Ich habe daher die Natur der Wasserbindung in den Zeolithen einer neuen experimentellen Untersuchung von solcher Exaktheit unterzogen, daß aus ihr der wahre Verlauf der Entwässerungscurve mit Sicherheit festgestellt werden konnte.

Es hätte naturgemäß am nächsten gelegen, durch isotherme Entwässerung die Lösung der Frage anzustreben. Wie aber aus den Versuchen zahlreicher Beobachter hervorgeht, entspricht einer Erniedrigung des Dampfdrucks bis zur Grenze ausreichender Meßgenauigkeit nur ein Wasserverlust der Zeolithe von etwa 1 Mol. So blieb als gangbarer Weg nur die alte Methode der Aufnahme der Entwässerungscurve bei variabler Temperatur und constantem Druck. Die von mir zur Erzielung genauer Beobachtungsresultate geschaffene Versuchsanordnung kann hier nur in knappen Umrissen beschrieben werden.

Als Erhitzungseinrichtung diente ein elektrischer Ofen, der aus einem horizontal gelagerten Rohr aus Marquardt'scher Masse von 35 cm Länge und 3 cm lichter Weite bestand, das an einem Ende durch ein Quarzglasfenster gasdicht verschlossen werden konnte. Das Rohr war in einer Erstreckung von von 20,5 cm mit 23 m Platindraht von 0,3 mm Stärke umwickelt, der an 1 mm dicke Platindrähte als Zuleitungen angeschlossen war. Ein weites Marquardt'sches Rohr war über das Heizrohr geschoben, und der Zwischenraum mit festgestampfter, pulverförmiger Marquardt'scher Masse ausgefüllt. Durch einen automatischen Regulator von komplizierter Einrichtung konnten Temperaturen bis zu 450° beliebig lange Zeit auf ± 1° constant erhalten werden, wobei das Temperaturgefälle in den mittleren 8 cm des Heizrohres kaum 1° be-

trug. Die Temperaturmessung erfolgte durch ein selbstangefertigtes, geeichtes Platin-Widerstandsthermometer, das nur einen sehr geringen Raum einnahm. Die Versuchssubstanz — zu groben Stücken zerkleinert — wurde in den Heizraum in einem Wägegläschen aus schwerschmelzbarem Glas von 4 cm Länge eingeführt, das durch eine besondere Vorrichtung im Ofenraume geschlossen werden konnte, bevor es zur Wägung herausgezogen wurde. Wägegläschen und Thermometer, die mit ihren Enden in der Mitte des Ofens aneinander stießen, berührten die Ofenwand nicht. Um zugleich die Aenderung der optischen Eigenschaften und damit den Vorgang der Entwässerung bis zum Gleichgewicht kontinuierlich verfolgen zu können, wurde eine Platte der Versuchssubstanz durch eine Nickelklammer auf dem einen Ende eines schwer schmelzbaren Glasrohres befestigt, das mit diesem Ende bis in die Ofenmitte hineinragte, während es sich mit seinem anderen Ende in einem an der Ofenmündung befestigten Lager um seine Axe drehen konnte. Ein am Glasrohr befestigter Zeiger, der über einer Skala spielte, erlaubte diese Drehungen mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{2}^{0}$ abzulesen. Durch das Quarzglasfenster trat paralleles, geradlinig polarisiertes Licht in den Ofen ein, durchlief die Kristallplatte, das drehbare Rohr seiner Länge nach und schließlich einen Analysator, der zum Polarisator gekreuzt war. Zwischen Analysator und drehbarem Rohr konnte ein Babinet'scher Kompensator in der Diagonalstellung ein- und ausgeschaltet werden, sodaß nach einander Auslöschungsschiefe und Stärke der Doppelbrechung gemessen werden konnten. Die Bestimmungen erfolgten im weißen Lichte.

Zur Erhaltung eines constanten Wasserdampfdruckes trieb ein Wasserstrahlgebläse mit Druckregulator durch den Ofenraum einen langsamen Strom von Luft, die bei den Versuchen in „feuchter Luft" zuvor drei Waschflaschen mit destilliertem Wasser und ein Kugelrohr mit Glaswolle durchlaufen hatte, die in einem von Leitungswasser dauernd durchströmten Wasserbade auf einer nahezu constanten, unter der des Zimmers liegenden Temperatur erhalten wurden. Für die vereinzelten Beobachtungen in „trockner Luft" durchlief der Luftstrom zunächst einen Chlorcalciumturm, dann drei Waschflaschen, die je 250 ccm 74 % Schwefelsäure enthielten und sich in einem Bade von 70 Liter Wasser befanden. Vor und nach jedem Versuche wurde die Concentration der Schwefelsäure durch Dichtebestimmung festgestellt.

Als erstes Untersuchungsobjekt, das den Gegenstand der bislang ausgeführten Versuche bildete, wurde der Heulandit gewählt, da er bereits der Gegenstand zahlreicher früherer Arbeiten war, die typischen Eigenschaften der Zeolithe in scharfer Ausprägung zeigt, infolge seiner guten Spaltbarkeit leicht optische Präparate liefert

und eine exakte Wasserbestimmung durch einfache Wägung zuläßt, weil er teilweise entwässert keine Gase in merklicher Gewichtsmenge aufnimmt. Der von mir untersuchte Heulandit stammte von Island und bestand aus einer Stufe mit prächtigen, bis 7 mm großen Kristallen, von denen nur völlig klare Teile zur Verwendung kamen. Eine Analyse ergab mir die Zusammensetzung:

	Gew. Proz.	Mole	
SiO_2	59,13	0,9789	
Al_2O_3	16,67	0,1631	
CaO	7,25	0,1292	
MgO	0,35	0,0088	
SrO	0,04	0,0004	[0,1642] = [CaO]
Fe, Ti	fehlt	—	
Na_2O	1,17	0,0189	
K_2O	0,65	0,0069	
H_2O	15,68	0,8637	
Sa.	100,94		

Der Wassergehalt wurde so ermittelt, daß die Analysenprobe zusammen mit der zur Entwässerungscurve (Versuchsreihe 1) benutzten Substanz — in ca. 1 mm großen Stücken — im elektrischen Ofen bei 25° und bei einem Wasserdampfdruck von 8 mm Quecksilber bis zur Erreichung völligen Gleichgewichts belassen wurde. Der darauf sowohl durch Absorption im $CaCl_2$-Rohr wie durch Gewichtsverlust ermittelte Wassergehalt ergab zugleich den genauen Ausgangswert für die Versuchsreihe 1.

Aus der Analyse berechnet sich das Verhältnis:

$$SiO_2 : Al_2O_3 : [CaO] = 6{,}002 : 1 : 1{,}007$$

und das Molekulargewicht des wasserfreien Heulandits zu 522,3.

Mit diesem Heulandit wurden drei Entwässerungscurven aufgenommen, von denen die erste nur orientierenden Charakter besaß und daher hier nicht mitgeteilt ist. Ihre Ergebnisse stimmten durchaus mit denen der beiden auf sie folgenden exakten Versuchsreihen (1 und 2) überein, bei denen 0,5591 bezw. 0,4521 gr zur Wasserbestimmung verwendet wurden. Bei Versuchsreihe 1 wurden zugleich optische Bestimmungen an einem Spaltblättchen || (010) von 1,082 mm Dicke vorgenommen, von dem durch Anbringung einer Metallblende nur ein optisch völlig homogener Teil zur Wirkung kam. Die optischen Messungen fanden bei 220° durch Undurchsichtigwerden des Präparates ihr Ende. In der Versuchsreihe 1 trat bei 220° durch Zerstörung des Temperaturreglers und dadurch bedingtes Steigen der Temperatur auf 284° eine Lücke ein, die durch Versuchsreihe 2 ausgefüllt wurde. Die

folgenden beiden Tabellen geben die wichtigsten Bestimmungen der Gleichgewichtspunkte wieder, doch wurden zahlreiche Messungen fortgelassen, die als Kontrollbestimmungen für sichere Erreichung des Gleiclgewichtes ausgeführt wurden. Die Messungen sind in den Tabellen in der Reihenfolge mitgeteilt, in der sie gewonnen wurden.

(Siehe nebenstehende Tabellen.)

In Fig. 1 sind die Messungsergebnisse der Versuchsreihen 1 und 2 durch die Kurven I, II, III wiedergegeben. Die Punkte der Kurve I geben die Wassergehalte des Heulandits in Molen, bezogen auf ein Mol des wasserfreien Silikates. Hierbei bedeuten Kreuze mit beigefügtem Strich Beobachtungen der zweiten, Kreuze ohne Strich solche der ersten Versuchsreihe, alles Bestimmungen in „feuchter Luft“. Kreuz mit beigefügtem T bedeutet Messung in „trockener Luft“. Der linke, sechs Punkte umfassende Teil des obersten Kurvenzuges der Kurve I ist ebenfalls in trockner Luft aufgenommen, wie das angefügte T andeuten soll. Die Werte der Versuchsreihen 1 und 2 fallen, wie Kurve I zeigt, für tiefere Temperaturen mit großer Genauigkeit in ein und denselben Kurvenzug und weichen auch bei 300 ° nur innerhalb der Versuchsfehler von einander ab. Bei noch höheren Temperaturen ist dagegen eine Divergenz der beiden Beobachtungsreihen festzustellen, welche die möglichen Fehlerbeträge überschreitet und offenbar auf die bei beiden Versuchsreihen ja recht verschiedene Vorbehandlung der Substanz zurückzuführen ist. Kurve II gibt die Stärke der Doppelbrechung, berechnet für 1 mm Dicke, Kurve III die Auslöschungsschiefe, bezogen auf die Kante T/M, in Abhängigkeit von der Temperatur. Die maximalen Messungsfehler betragen für die Temperatur etwas über 1 °, für die Wasserbestimmung 0,015 Mole, die relativen Werte der Stärke der Doppelbrechung etwa 1×10^{-5} die der Auslöschungsschiefe 0,6 °. Für den weitaus größten Teil der Messungen bestimmt tatsächlich die Sicherheit der Temperaturconstanz die Genauigkeit aller übrigen Messungen; denn einer Aenderung der Temperatur von 100 ° um 1 ° entspricht eine solche der Doppelbrechung um $0{,}33 \times 10^{-4}$, der Auslöschungsschiefe um 1 °, des Wassergehaltes um 0,04 Mole.

Bei beiden Versuchsreihen ist in zahlreichen Beobachtungen festgestellt, daß die Gleichgewichte von beiden Seiten mit gleichem Endergebnis erreicht werden, wenn die Temperatur 200 ° nicht überschreitet. Im Laufe der Versuchsreihe 1 wurde ein besonderer, ausgedehnter Versuch ausgeführt, um zu erweisen, daß Wässerung und Entwässerung — entgegen der Behauptung Beutells — das gleiche Endergebnis liefern, wenn nur wirklich Eintritt des Gleichgewichtes abgewartet wird. Diese Beobachtungen sind in Tabelle 3

Tabelle 1.
Versuchsreihe 1.

Temperatur °Cels.	Wasserdampfdruck mm Hg	Dauer der Temperatur-Constanz Std.	Wassergehalt Gewicht Proz.	Wassergehalt Mole[1])	Spaltblättchen ‖ (010) = M Stärke der Doppelbrechung × 10^4	Spaltblättchen ‖ (010) = M Auslöschung bezogen auf Kante M|T
14,8	8,2	13,5	15,85	5,46	9,61	76,5°
15,4	8,2	11	15,85	5,46	9,57	76,5
14,8	8,2	13	15,85	5,46	9,61	76,5
24,4	8,3	30	15,68	5,39	9,40	75,3
25,2	8,3	17	15,69	5,39	9,45	75,3
35,5	8,4	11,5	15,40	5,28	8,65	72,0
34,6	8,4	10	15,40	5,28	8,61	72,8
46,2	8,5	16,5	15,09	5,15	7,20	68,5
45,7	8,5	6	15,08	5,15	7,20	68,5
53,9	8,5	15,5	14,80	5,04	5,73	62,5
54,4	8,5	9	14,81	5,04	5,62	63,5
62,8	8,6	28,5	14,48	4,91	4,52	44,3
70,5	8,6	16	14,17	4,79	4,67	25,3
80,0	8,7	23	13,82	4,65	6,57	11,5
91,7	8,7	15,5	13,35	4,47	11,33	4,5
99,7	8,7	10	13,04	4,35	14,90	2,3
99,3	8,7	8	12,99	4,33	15,06	2,5
113,4	8,7	30	12,25	4,05	20,68	+0,5
120,5	8,7	15	11,95	3,94	22,15	—1,5
129,7	8,8	9	11,59	3,80	24,54	—3,0
145,0	8,8	14	11,02	3,59	29,65	—4,8
162,9	8,8	8,5	10,14	3,27	34,77	—5,2
162,7	8,9	3	10,13	3,27	34,13	—5,4
181,8	8,9	14	9,23	2,98	38,88	—3,8
181,8	8,9	3,5	9,23	2,98	38,88	—4,5
100,1	9,1	85	12,91	4,30	14.20	+2,6
176,6	9,2	16	9,38	3,00	37,43	—5,0
175,3	9,2	4	9,38	3,00	37,43	—5,0
189,3	9,2	7,5	9,12	2,91	39,77	—2,8
206,3	9,3	10,5	8,55	2,71	42,04	+0,2
217,7	9,5	24	8,18	2,58	42,25	+1,7
285,9	9,5	14,5	3,83	1,15		
298,4	9,6	17	3,45	1,05		
310,4	9,7	14	3,26	0,98		
322,6	9,7	3	3,14	0,94		
321,3	9,8	4	3,12	0,93		
338,9	10,0	11	2,60	0,77		
362,4	10,0	11	1,79	0,53		
362,6	9,9	4	1,78	0,52		
370,0	10,0	21	1,47	0,43		
382,5	10,0	13	1,15	0,34		
413,0	10,0	13	0,80	0,23		

1) Der Wassergehalt in Molen wurde aus den Gewichtsprozenten mit Hilfe des aus der Analyse sich ergebenden Molekulargewichts 522,3 für wasserfreien Heulandit berechnet.

Tabelle 2.

Versuchsreihe 2.

Temperatur °Cels.	Wasserdampfdruck mm Hg	Dauer der Temperatur Constanz Std.	Wassergehalt		Luftstrom[1])	Temperatur °Cels.	Wasserdampfdruck mm Hg	Dauer der Temperatur Constanz Std.	Wassergehalt		Luftstrom[1])
			Gew. Proz.	Mole					Gew. Proz.	Mole	
78,5	9,9	11	13,85	4,66	f	299,7	0,6	22	2,94	0,88	t
76,3	10,0	7	13,85	4,66	f	299,0	0,6	11,5	2,91	0,87	t
77,6	0,6	11	13,67	4,59	t	300,4	0,6	14	2,91	0,87	t
75,9	0,6	12	13,77	4,63	t	335,3	10,0	12	2,47	0,74	f
76,3	0,6	13	13,69	4,60	t	340,2	0,6	10	2,10	0,62	t
75,4	0,6	5	13,77	4,63	t	354,5	10,0	24	1,73	0,51	f
172,6	10,5	18	9,58	3,07	f	356,2	0,6	19	1,46	0,43	t
213,7	10,2	11	8,31	2,63	f	360,6	10,0	11	1,46	0,43	f
222,4	10,4	10	7,93	2,50	f	361,5	0,6	23	1,28	0,38	t
229,4	10,3	9,5	7,55	2,37	f	370,0	10,2	11	1,22	0,36	f
231,3	10,3	15,5	7,38	2,31	f	369,8	10,1	10	1,21	0,36	f
235,6	10,7	18	7,07	2,21	f	371,8	0,6	13	1,10	0,32	t
241,1	10,3	11	6,68	2,08	f	378,6	10,2	12	1,03	0,30	f
241,7	10,2	23	5,98	1,84	f	384,7	0,6	12	0,94	0,28	t
241,4	10,5	14,5	6,00	1,85	f	396,6	10,1	11	0,82	0,24	f
247,3	10,2	12	5,65	1,74	f	412,7	10.3	10	0,64	0,19	f
261,9	10,2	14	4,42	1,34	f	427,3	10,2	12	0,44	0,13	f
274,6	10,2	10	4,04	1,22	f	438,1	10,5	12	0,33	0,10	f
289,1	10,2	12	3,60	1,08	f	508,7	10,2	8	0	0	f
294,6	10,2	24	3,44	1,03	f	17,7	10,5	9	0	0	f
298,5	10,1	8	3,26	0,98	f	17,1	—	552	0	0	—

1) Unter Luftstrom bedeutet: f feuchter Luftstrom, t trockner Luftstrom.

zusammengestellt. Ausgehend von dem bei 181,8° bis auf 9,23 % entwässerten Heulandit wurde bei Erniedrigung der Temperatur auf 100,1° nach 72 Stunden das Gleichgewicht erreicht. Die hier erhaltenen Werte des Wassergehaltes, der Doppelbrechung und Auslöschungsschiefe entsprechen Punkten — in den Kurven der Fig. 1 mit W bezeichnet —, die innerhalb der oben für 100° angegebenen Versuchsfehler auf die vorher bei der Entwässerung gewonnenen Kurven fallen. Bei der darauf folgenden Wiederentwässerung des Heulandits durch Erhitzung auf 176,6° wurde bereits nach 16¼ Stunden Gleichgewicht erreicht, und die erhaltenen Werte stimmen wiederum mit den Ergebnissen der früheren Entwässerung innerhalb der Fehlergrenzen völlig überein. Es geht also aus diesen Beobachtungen, wie auch schon aus denen früherer Beobachter, hervor, daß Wässerung und Entwässerung in dem Temperaturbereich bis 180° zu dem gleichen Ergebnis führen, und daß zur Ermittlung dieses Gleichgewichts die Entwässerungskurven wegen der kürzeren erforderlichen Versuchszeit den Vorzug verdienen. Die zickzackförmigen Wässerungskurven Beutells und seiner Mitarbeiter sind

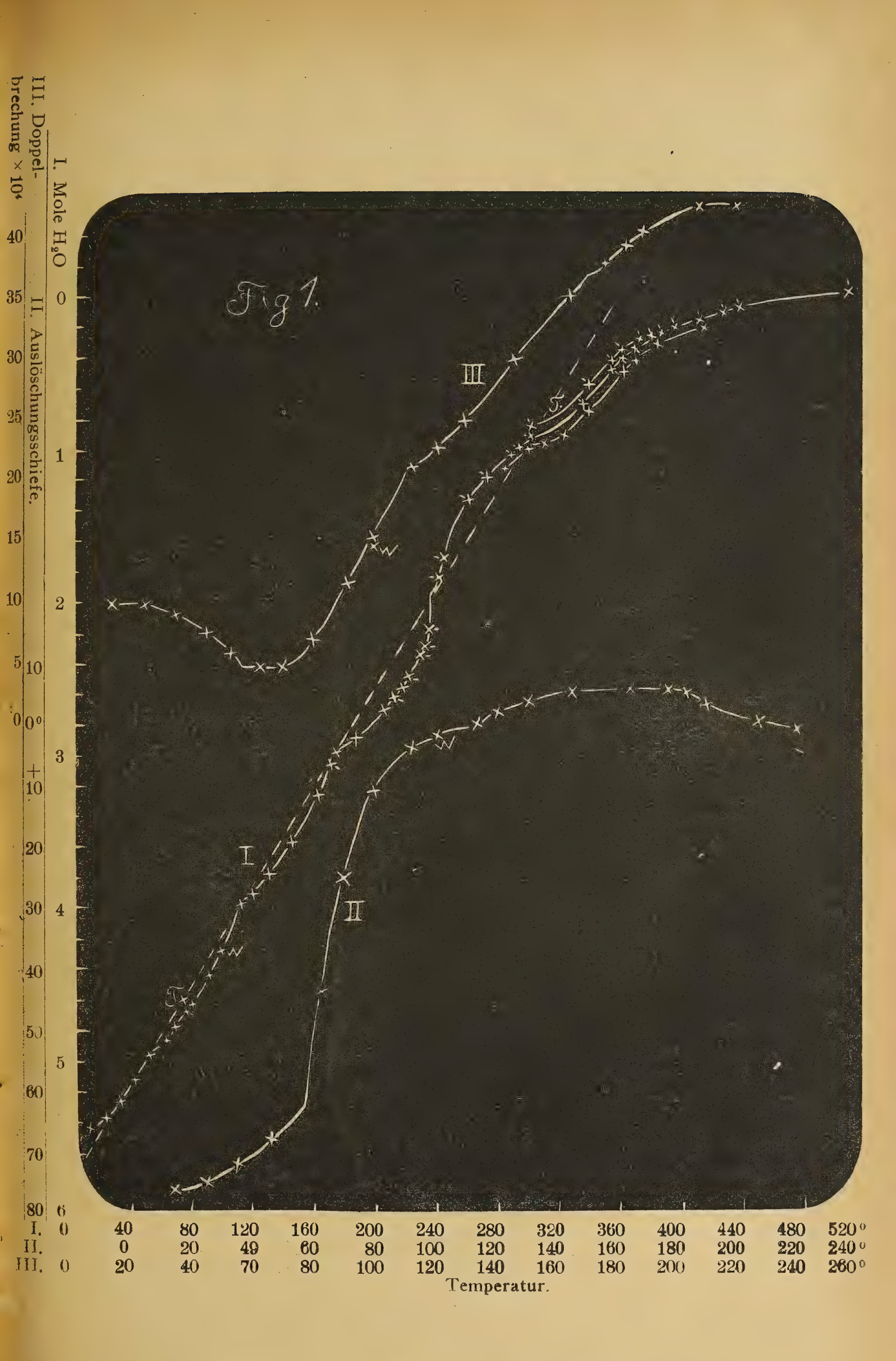


Fig 1.
I. Mole H_2O
II. Auslöschungsschiefe.
III. Doppel-brechung × 10^4
0 1 2 3 4 5 6
40 35 30 25 20 15 10 5 0
10 0° +10 20 30 40 50 60 70 80
I
II
III
I. 0 40 80 120 160 200 240 280 320 360 400 440 480 520°
II. 0 20 49 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240°
III. 0 20 40 70 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260°
Temperatur.

außer auf ihre unvollkommene Versuchsanordnung sicherlich auch auf die Verwendung der Wässerungskurven zurückzuführen, bei denen zur Erreichung des Gleichgewichtes sehr lange Beobachtungszeit, die zum Hervortreten von Versuchsfehlern besonders günstige Gelegenheit bietet, erforderlich ist.

Tabelle 3.

	Zeit Std.	Wasser-gehalt Gew. Proz.		Zeit Std.	Wasser-gehalt Gew. Proz.
Wässerung 181,8°—100,1°	0	9,23	Entwässerung 100,1°—176,6	0	12,91
	26	11,69		4¼	9,81
	41	12,48		16¼	9,38
	47¼	12,66		23½	9,38
	50½	12,75			
	64	12,83			
	72	12,90			
	85¼	12,91			

Die aus meinen Beobachtungen sich ergebenden Kurvenzüge sowohl der optischen Eigenschaften wie des Wassergehaltes in Abhängigkeit von der Temperatur setzen sich aus einzelnen Kurvenstücken zusammen, die bei den Temperaturen sich schneiden, wo der Wassergehalt ganzen Molzahlen entspricht. Man könnte zunächst geneigt sein, den Grund für diese Form der Kurven darin zu suchen, daß den Schnittpunkten Salzhydrate entsprechen, die mit ihren Entwässerungsprodukten in jedem Verhältnisse mischbar sind. Mit dieser Annahme würde im Einklange stehen, daß diesen Wasserverbindungen nicht, wie den gewöhnlichen Salzhydraten, im Temperatur-Druck-Konzentrationsdiagramme ein Stabilitätsfeld von gewisser endlicher Flächenausdehnung zukommt, sondern daß sie nur auf einer Linie stabil sind, die der p-t-Ebene parallel läuft. Daß aber diese Auffassung nicht zutrifft, daß wir es in den Knickpunkten der Kurve I nicht mit Salzhydraten der gewöhnlichen Art zu tun haben, geht daraus hervor, daß alle die Knickpunkte der Kurve I mit großer Genauigkeit auf einer Geraden liegen, sodaß einem Wasserverluste von einem ganzen Mol jedesmal eine Temperatursteigerung von etwa 62° zugeordnet ist. Es entsprechen demnach diesen Knickpunkten nicht einzelne von einander unabhängige Hydrate, sondern Glieder einer gesetzmäßig verbundenen Reihe von Silikat-Wasserverbindungen.

Mit Bezug auf die Kurven der Doppelbrechung und der Auslöschungsschiefe sei darauf hingewiesen, daß sie mit früheren Beobachtungen Rinne's in zwei Punkten nicht übereinstimmen. Erstlich verschwand bei keiner Temperatur die Doppelbrechung gänzlich, d. h. der Heulandit wurde nicht einaxig. Trotzdem dieses Er-

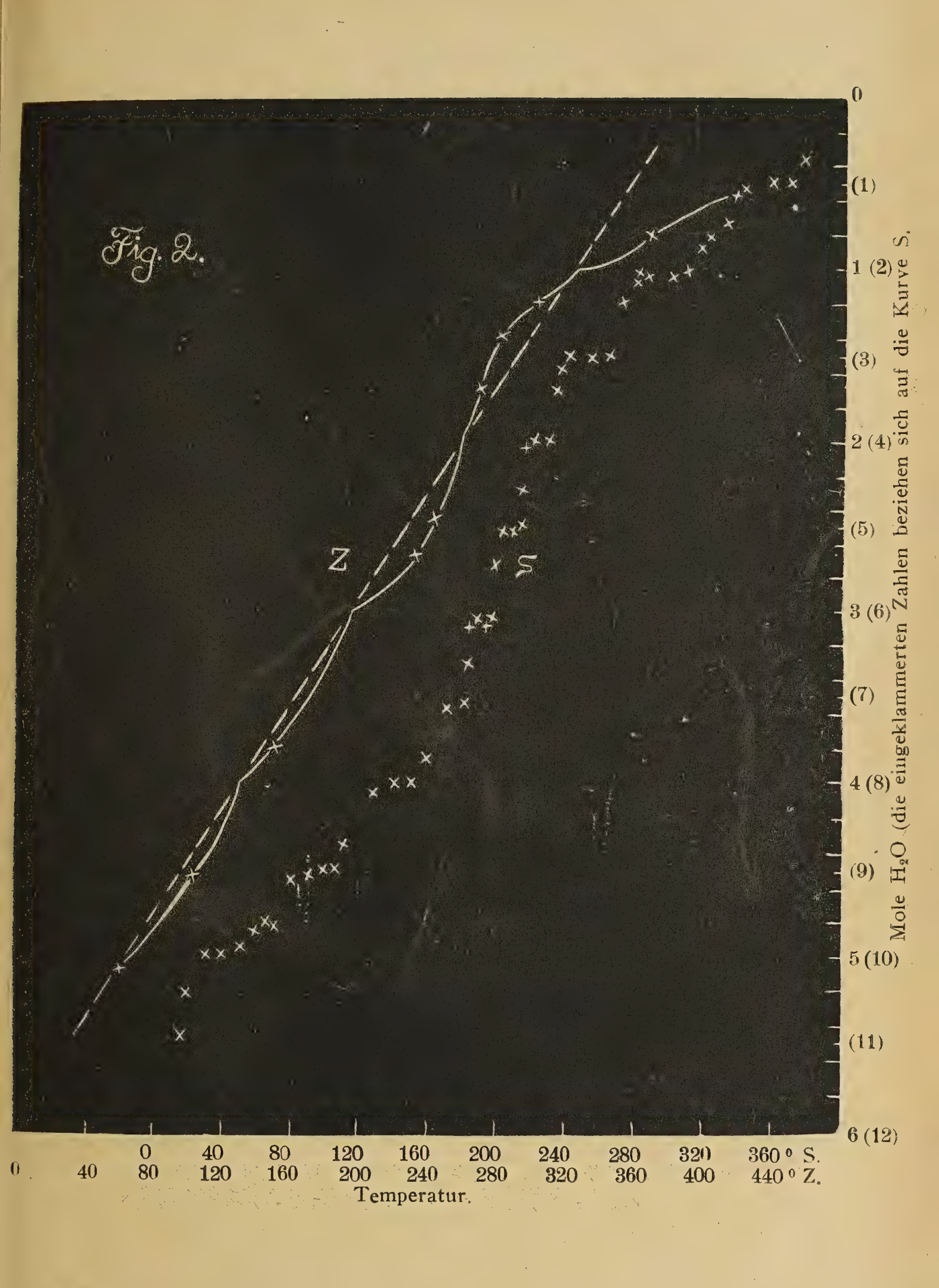


Fig. 2.
Z
S
0
(1)
1 (2)
(3)
2 (4)
(5)
3 (6)
(7)
4 (8)
(9)
5 (10)
(11)
6 (12)
Mole H_2O (die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die Kurve S.
0 40 80 120 160 200 240 280 320 360 ° S.
0 40 80 120 160 200 240 280 320 360 400 440 ° Z.
Temperatur.

gebnis sowohl bei der orientierenden, hier nicht mitgeteilten, wie bei der Versuchsreihe 1 erhalten wurde, halte ich es nicht für ausgeschlossen, daß diese Abweichung von Rinne's Beobachtung durch die bei mir nur annähernde Orientierung des Präparates senkrecht zur Beobachtungsrichtung bedingt ist. Zweitens zeigt die Kurve II der Fig. 1 daß zwar oberhalb 100° die Auslöschungsschiefe sich in weit geringerem Maße ändert als bei tieferen Temperaturen, daß sie aber doch bis zu 220° sicherlich keinen constanten Wert annimmt. Damit ist ausgeschlossen, daß für irgend einen Temperaturbereich zwischen 15° und 220° der Heulandit als rhombisch angenommen werden kann, wozu Rinne durch seine Messungen veranlaßt wurde.

Aus meinen Beobachtungen kann unmittelbar gefolgert werden, daß im Heulandit Silikat und Wasser in molekularer Feinheit sich durchdringen, daß also der Zeolith nicht als inhomogenes Gebilde, sei es als Adsorptionsverbindung (Bodländer, Sommerfeldt) oder als ein Körper von der Bauart der Gele (Zambonini) aufgefaßt werden darf. Zugleich ist so auch experimentell die Hypothese Beutells, die Inhomogenität des Zeoliths beim Entwässerungsvorgange verlangt, als unrichtig erwiesen. Weiter läßt die von mir erhaltene Entwässerungskurve den Schluß zu, daß für sämtliche Wassermoleküle im Heulandit die gleiche Art der Bindung angenommen werden muß, daß nicht z. B. ein Teil des Wassers als constitutiv, ein Teil als Kristallwasser angesehen werden darf, ein Schluß, den bereits Friedel in seinen Arbeiten auch für verschiedene andere Zeolithe nachdrücklich betont hat.

Vielleicht darf man auf Grund der Raumgitteranschauung und in Anlehnung an Tammann's neueste Betrachtungsweise der Mischkristalle meine Beobachtungsergebnisse zu folgendem Bilde der wasserhaltigen Zeolithe vereinigen: Es ist eine sichere Folgerung aus allen Beobachtungen an den Zeolithen, daß das Wasser in ihnen eine große Beweglichkeit besitzt, während das Silikat-Raumgitter als relativ starr anzunehmen ist. Die in die Maschenräume dieses Gitters eintretenden Wassermoleküle oder ihre Teile werden entsprechend ihrem thermischen Drucke nach möglichst gleichmäßiger Verteilung trachten, andererseits werden die im regelmäßigen Kristallgitter angeordneten Silikatmoleküle oder ihre Teile durch ihre Attraktionskräfte anstreben, die Wassermoleküle oder ihre Teile in mit der Symmetrie des Gitters völlig verträglichen Lagen festzuhalten. Beiden Bestrebungen wird gleichzeitig nur dann in weitgehendstem Maße genügt werden können, wenn die Zahl der Wassermoleküle ein ganzes Vielfaches der Zahl der Silikatmoleküle ist. Dann und nur dann wird um jedes Molekül des Silikatgitters die Anordnung der Wassermoleküle die gleiche sein können. Und

es wird so verständlich, daß nur diesen ausgezeichneten Mischungen Punkte der Kurve I zugehören, die auf einer Geraden liegen, daß dagegen allen Mischungen abweichender Zusammensetzung, da in ihnen eine oder beide der oben angeführten Bestrebungen nicht zum Ziele kommen können, Punkte der gekrümmten Kurventeile entsprechen.

Wenn man so die Zeolithe als feste Lösungen betrachtet, so bleibt dabei zunächst unentschieden, ob das Wasser bei dieser Lösung mit dem Lösungsmittel reagiert, also eine engere Verbindung mit dem Silikat oder seinen Teilen eingeht, ob es als Molekül, in seine Atome oder in Jonen zerfallen in das Gitter eintritt. Mit diesen stehen offenbar die weiteren Fragen in enger Verbindung, warum die Knickpunkte der Kurve I auf einer Geraden liegen, welche Bedeutung den Tatsachen zukommt, daß oberhalb 200° die Gleichgewichte zwischen Wasser und Silikat nicht mehr reversibel sind, und daß die isotherme Druckerniedrigung einen so geringen Einfluß auf den Wassergehalt der Zeolithe ausübt, wie es die Versuche Tammann's, Zambonini's und meine eigenen lehren. Die Lösung dieser Fragen werde ich in weiteren experimentellen Untersuchungen anstreben.

In Fig. 2, Kurve Z sind durch Kreuze die von Zambonini beim Heulandit durch eine meiner im Wesentlichen ganz gleiche Untersuchungsmethode erhaltenen Wassergehalte — von mir in Mole umgerechnet — in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt. Zambonini selbst hat seine Gleichgewichtspunkte durch eine kontinuierliche Kurve interpoliert. Weit besser — durchaus im Einklange mit der weitreichenden Genauigkeit der sehr sorgfältigen Untersuchung — lassen sich seine Beobachtungspunkte zu einem Kurvenzuge vereinigen, der dem von mir gefundenen völlig gleicht, wie die Kurve Z der Fig. 2 erkenen läßt. Da Zambonini's Versuche mit einem Heulandit von wesentlich anderer Zusammensetzung und bei weit höherem Wasserdampfdruck ausgeführt worden sind, so bietet diese Tatsache eine wichtige Bestätigung für die Zuverlässigkeit meiner Messungen und den weiteren Gültigkeitsbereich der aus ihnen sich ergebenden Folgerungen.

In der Wahlsitzung wird das bisherige außerordentliche Mitglied Herr Professor E. Göppert zum ordentlichen Mitglied gewählt.

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg.

Nr. 8 November 1919

Am 12. November 1919 fand im Zoologischen Institut eine ordentliche Sitzung statt.

Herr E. Korschelt berichtete an Stelle des nicht mehr in Marburg anwesenden bisherigen Assistenten am Zoologischen Institut Dr. H. Baumann über dessen Untersuchungen an Tardigraden und Rotatorien.

Die Fähigkeit des Wiederauflebens nach Eintrocknen bei Tieren der Moosfauna.

(Mit 4 Abbildungen.)

Von H. Baumann.

Unter den Organismen gibt es eine beträchtliche Anzahl, die imstande sind, ungünstige Lebensbedingungen dadurch zu überdauern, daß sie, soweit sie vorher in Bewegung waren, in einen bewegungslosen Zustand, in einen Ruhezustand geraten; so im Tierreich oder im Pflanzenreich, indem jedes Wachstum, jede Fortpflanzung und anscheinend auch die Assimilation aufhört. Ueber solche Ruhezustände im Tierreich und das über sie Bekannte gab Korschelt (1917) eine eingehende Darstellung mit einer Fülle von Beispielen. Die vorliegende einleitende Uebersicht vermag darum nicht einen neuen Gesichtspunkt oder wesentlich mehr Material zu geben. Es soll vielmehr durch diese Einleitung nur das Verhalten der Moosfauna dem allgemeinen Gesichstpunkt untergeordnet werden. Zu den ungünstigen Lebensbedingungen gehört vor allem Trockenheit, nicht in physikalischem Sinne, sondern schon das Auftrocknen von flüssigem Wasser. So vermögen viele Protophyten und Protozoen, sowie ein großer Teil der wirbellosen Tiere und der niederen und höheren Pflanzen, soweit sie im süßen Wasser leben, sich auf beliebigen oder irgend welchen bestimmten Stadien ihrer Entwicklung vor Austrocknung durch Ausscheiden von Hüllen, die sie gewissermaßen von den umgebenden Einflüssen loslösten, zu schützen. Unter den Tieren sind bekanntlich fast alle im Süßwasser lebenden Protozoen imstande, eine Hülle abzuscheiden. Ebenso vermögen sich die meisten parasitischen Protozoen einzukapseln;

gerade darauf beruht ja auch häufig ihre leichte Uebertragbarkeit. Dasselbe gilt für die Protophyten. Die höheren Pflanzen sind meist nicht mehr imstande,, als Ganzes der Trockenheit Widerstand zu leisten. Da ist diese Fähigkeit an die Samen gebunden. Die analoge Erscheinung finden wir bei den Metazoen. Auch hier ist der Organismus meist nicht mehr imstande, sich als Ganzes abzukapseln, mit Ausnahme etwa der im Wasser lebenden Tardigraden und einiger Parasiten. Die Insektenpuppe ist keine Ausnahme, sie atmet ja unmittelbar die umgebende Luft ein, steht also noch immer in recht enger Beziehung zur Umgebung. Bei den Metazoen haben in der Hauptsache auch nur noch die Eier oder Keimkomplexe die Fähigkeit auszudauern erhalten. Aus fast allen Tiergruppen außer der der Wirbeltiere lassen sich ganz auffallende Beispiele dafür anführen: die Gemmulae der Schwämme, die Eier unserer Süßwasserpolypen, der Turbellarien sämtlicher parasitischer Würmer, der Crustaceen, der Milben, die Eier sehr vieler Insekten, die Statoblasten der Bryozoen. Trotzdem hier ein großes Problem vorliegt, das sogar zu den elementaren Eigenschaften des Organismus schlechthin hinführt, ist es erst sehr vereinzelt in Angriff genommen. Das hängt wohl auch damit zusammen, daß wir eben von einem Samen oder Ei überhaupt keine Bewegung und Veränderung erwarten; es scheint uns ganz natürlich, daß diese Gebilde solange unverändert bleiben, bis sie in zusagende Lebensbedingungen gelangen. Auch die Protozoen machen darin keine Ausnahme. Verkriechen sich doch diese Tiere gewissermaßen in ihre selbstausgeschiedene Hülle, ohne sich zu verändern, wie eine Raupe in ihrem Gespinst.

Es gibt freilich auch Metazoen, die, erwachsen, eine Hitze oder Kältestarre, also beidemale auch Trockenstarre, durchmachen: Frösche, Kröten, Eidechsen, Schlangen, aber auch Insekten und Schnecken. Bei diesen Tieren gelingt es aber stets leicht, den, wenn auch stark herabgesetzten, Stoffwechsel in Atmung und Herztätigkeit festzustellen. Diese Tiere suchen sich stets für ihre Ruheperiode einen Ort mit möglichst gleichbleibender Temperatur und Feuchtigkeit aus, sodaß auch dadurch gewissermaßen ihre andauernde Abhängigkeit von der Umgebung manifestiert ist.

Nun gibt es aber auch noch niedere Tiere, die ganz ungemein lange Trockenperioden überdauern können, ohne doch dafür eine Cystenhülle wie Protozoen und Parasiten auszuscheiden, noch auch irgend eine geringste Organtätigkeit oben genannter Art erkennen zu lassen, aus dem einfachen Grund, weil sie kein besonderes Organ für Atmung oder Blutkreislauf haben. Das sind die Gruppen der Tardigraden, Rotatorien und freilebenden Nematoden, die sehr häufig in Moos und Flechten vorkommen, vor allem auf sonnen-

durchglühten Mauern und Berghängen. Es sind alles stets kleine, höchstens nach Millimetern messende Tierchen.

Schon im Anfang des 18 .Jahrhunderts, als gerade das Mikroskop weitere Anwendung fand, wurde die Aufmerksamkeit der Naturforscher, so von Lecuwenhoek auf dese Tiere der Moosfauna gelenkt, einmal aus dem schon erwähnten Grund, weil diese Tierchen, sobald die Wassertröpfchen zwischen den Moosblättchen, in denen sie leben, verdunstet sind, erstarren, ohne irgendeine schützende Hülle auszuscheiden, dann auch deswegen, weil das Verhältnis der Dauer von Perioden des beweglichen Lebens zu Perioden der Starre ganz bizarr schien: die Trockenzeit konnte nämlich scheinbar beliebig lang ausgedehnt werden, unabhängig davon, wie lange das Tier vorher sich hatte normal ernähren können. Ohne weiteres kann in der Tat ein Nematode. der vielleicht nur einen einzigen Tag lang ein bewegliches Leben geführt hatte, für viele Jahre, 3, 5 ja sogar 10, eingetrocknet in Moos in einer Papierdüte aufbewahrt, und nach dieser Zeit durch bloße Befeuchtung wieder ins bewegliche Leben zurückgeführt werden. Solche Zeiten wie 3—10 Jahre übersteigen nach dem, was über die Lebensdauer solcher Tiere bekannt ist — das Rädertierchen *Callidina* lebt z. B. nicht länger als 4 Wochen —, weit die Zeit, die diese Tiere ohne Trockenstarre leben können. Darum wurde auch ein Tardigrad *Macrobiotus Hufelandi* genannt, nach jenem berühmten Arzt Hufeland, der sich viel mit der „Kunst, das menschliche Leben zu verlängern", abgegeben hat. Dieselbe Art *Macrobiotus Hufelandi* war nun auch der Gegenstand einer Untersuchung, die darauf hinzielte, die Art und Weise, in der diese Tiere eintrocknen, die Umstände, unter denen ein Wiederaufleben möglich ist, sowie die Eigentümlichkeiten der Organisation dieser Tiere, wodurch die unschädliche Eintrocknung möglich ist, aufzuhellen. Für die Einzelheiten sei hier auf die in den „Zoolog. Jahrbüchern" erscheinende Arbeit „Die Anabiose der Tardigraden" hingewiesen. Im folgenden sind die Beobachtungen nach Abschluß jener Arbeit dargestellt, wobei des besseren Verständnisses halber die Hauptpunkte jener Arbeit in Kürze berührt werden mußten.

Ein *Macrobiotus* ist ein höchstens 0,3 mm großes wurmähnliches Tierchen. Sein Vorderende ist durch die Mundöffnung kenntlich, sowie durch die 2 Augen; im übrigen setzt sich der „Kopf" nicht irgendwie vom Rumpf ab. Das Tierchen hat 4 Paar mit starken Krallen bewehrte, sehr kurze Beinstummel; das letzte Paar sitzt ganz am hinteren Körperende und schiebt bei der Bewegung den Körper nach vorne. Der Körper ist sehr beweglich. Vorder- und Hinterende, ebenso die Beine können teloskopartig eingezogen werden. Der Körper ist von einer glashellen, weiten Hülle

umgeben. Nur wenige Organe sind vorhanden: An die Mundöffnung schließt sich ein eigenartiger Stech- und Saugapparat an, der die Nahrung in den weiten Magen und Darm befördert. Der After liegt vor dem 4. Beinpaar. In den Enddarm mündet ein Paar drüsenähnliche Gebilde, die als Exkretionsorgane gedeutet werden. Auf der Bauchseite liegt das Bauchmark, über dem Schlund das Gehirn. Im hinteren Teil des Körpers liegen die Geschlechtsorgane des getrenntgeschlechtlichen Tieres. Zahlreiche Muskeln durchziehen den Körper und zwischen ihnen werden regellos große, kugelrunde Zellen, sog. Blutzellen, durch die allgemeine Körperbewegung hin- und hergeschoben. Die Tierchen können im Wasser auf Moospflänzchen rasch und geschickte herumklettern. Sie bohren mit ihrem Stechapparat die Moospflänzchen an und saugen den Saft und das Chlorophyll heraus, soweit man nach dem Mageninhalt urteilen kann. Sie sind sehr lichtscheu. Zu lange

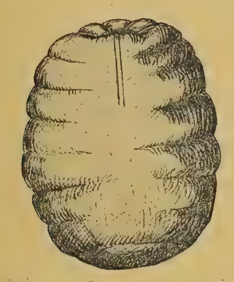


Fig. 1. Eingetrockneter *Macrobiotus Hufelandi.*



Fig. 2. Eingetrocknete *Philodina spec.*

vertragen se auch große Feuchtigkeit nicht; sonst quellen sie stark auf und sterben in der Gefangenschaft nach wenigen Tagen.

Verdunstet aber das Wasser, so rücken die Tiere allmählich enger in die Blattwinkel zusammen, kontrahieren ihren Körper, strecken häufig noch den Kopf und das Hinterende und erstarren schließlich in einer Form, die Abb. 1 zeigt. Daher ist von den Organen nichts mehr zu erkennen, nur das Mundrohr ist deutlich. Vorder- und Hinterende sowie die Beine sind eng an den Rumpf herangezogen, sodaß das Tier nun wie ein Tönnchen aussieht. In der Länge mißt es nur noch etwa $^1/_{10}$ mm, seine Breite und Dicke von etwa 0,09 mm hat es beibehalten. Das Tönnchen ist also etwa so lang als breit und dick. Das Zusammenschrumpfen konnte, soviel ist ohne weiteres klar, nur durch starken Wasserverlust, der etwa ⅓ des Tiervolumens betragen mußte, erfolgen. Die Tönnchenform ist einer Kugel sehr angenähert. Dies ist natürlich, wie auch die Form der Protozoencyste, nicht ohne biologische Bedeutung;

die Kugelform ist die Form, die ein bestimmtes Volumen unter kleinster Oberfläche zusammenfaßt; hier bedeutet das, daß der Tierkörper auf möglichst geringer Ausdehnung mit der Umgebung in Berührung kommt. Uebrigens bilden die Rädertiere ebenfalls kugelige Trockenformen (Abb. 2), und die Nematoden rollen sich in enger Spirale auf.

Befeuchtet man ein so eingetrocknetes Tardigrad, so kann man sofort wieder die innere Organisation des Tieres erkennen, den Kauapparat und Darm und beim Weibchen die sich entwickelnden Eier; vorher hat die das Licht vollständig reflek-



Fig. 3. *Philodina spec.* nach Befeuchtung, unfähig ihre normale Gestalt wieder zu erlangen.

tierende, stark glänzende Oberfläche dies Alles unsichtbar gehalten. Man kann jetzt auch sehen, daß die Organe ganz bilateral symmetrisch, wie im beweglichen Leben, gelegen sind. Unter der Einwirkung des Wassers hebt sich dann sehr schnell die durchsichtige Hülle von dem eigentlichen Tierkörper ab; erst allmählich quellen auch die darin liegenden Organe auf.

Wie ist nun dieses Abheben der Körperdecke, die nicht zelliger Natur, sondern eine Zellausscheidung wie Chitin ist, überhaupt möglich? Eigentlich bildet doch eine solche Zellausscheidung den dicht aufliegenden Verschluß der sie bildenden Matrix. Querschnitte zeigen, daß unter dieser oft weit abstehenden Hülle noch eine dichte, gleichfalls chitinähnliche, aber sehr viel zartere und sehr

quellbare Membran den Epidermiszellen unmittelbar aufliegt. Die äußere Hülle ist der Entstehung nach sicher analog dem alten Chitinpanzer eines Krebses, der sich gerade in Häutung befindet. Indes aber beim Krebs normalerweise nur eine Chitinhülle da ist, weil sobald die neue Hülle gebildet ist, die alte abgeworfen wird, wirft das Bärtierchen, so könnte man vergleichsweise sagen, seine Hülle erst dann ab, wenn bereits eine dritte darunter liegt und an der Stelle der zweiten, die zweite an die Stelle der starken äußeren rücken kann.

Im allgemeinen wird ein *Macrobiotus* in etwa 30—35 Minuten wieder ganz lebendig und kann dann wieder wie vor dem Eintrocknen herumlaufen. Die Hälfte der Zeit, also etwa 15 Minuten, braucht das Tier, um auch nur einen Muskel rühren zu können. Bei Rädertierchen wurde beobachtet, daß stets nach Befeuchtung die Wimperflamme der Protonephriden zuerst zu schlagen beginnt und dann erst der eine oder andere Muskel sich rührt (Jacobs). Bei den Tardigraden gibt es kein solches Kriterium für die zurückkehrende Beweglichkeit; denn diese Tiere haben so wenig wie die Nematoden überhaupt irgendwelche Cilien in ihrem Körper. Einmal wird zuerst einer der beiden Zähne bewegt, oder der Schlundkopf wird zusammengezogen, ein andermal wird eine Extremität zuerst bewegt. Am spätesten und sehr vorsichtig nur wird das Vorderende ausgestreckt. Bei solchen Bewegungen sind dann auch die Blutzellen gut zu sehen.

Die Tiere machen eingetrocknet in der Tat den Eindruck, als seien sie gänzlich leblos; als könnten sie Uhren verglichen werden, denen der Pendel festgelegt sei, bei denen es aber nur eines Anstoßes — hier die Befeuchtung — bedürfe, um sie wieder in Bewegung zu bringen. Wirklich sind die Tardigraden auch stets von den Forschern, die an eine restlose Erklärung des Lebens auf Grund der uns bekannten chemischen und chemisch-physikalischen Vorgänge glaubten, als Beweise für ihre Ansicht angeführt worden, und während die Unrichtigkeit solcher Behauptung für erstarrte Fische und Käfer oder auch für de aus alten Aegyptergräbern stammenden Weizenkörner anerkannt wurde, war die Deutung der Vorgänge bei den Bärtierchen noch sehr strittig.

Welches sind denn nun die Grenzen der Wiederbelebungsfähigkeit?

Zunächst ist festzuhalten, daß der Eintrocknungsmodus ein ganz bestimmter sein muß, wenn die Austrocknung den Organismus nicht schädigen soll. Die Eintrocknung darf nicht progressiv beschleunigt vor sich gehen, sondern, im Gegenteil, je weniger Wasser noch da ist, umso langsamer muß es verdunsten, um recht allmählich das Tier in die Trockenform überzuführen. In der

Natur geht die Austrocknung deswegen immer so vor sich, weil das Gewirr der Moospflänzchen wie ein Schwamm wirkt. Trocknet man dagegen einen *Macrobiotus* auf dem bloßen Objektträger ein, so bekommt er eine ganz unregelmäßige Gestalt: die Extremitäten und auch das Hinterende sind häufig gar nicht eingezogen. Außerdem ist das Tier ganz platt an die Glasplatte angedrückt und nur vielleicht $^1/_{100}$ eines Millimeters oder noch weniger dick. So getrocknete Tiere sind nicht mehr imstande, wieder regelmäßig aufzuleben. Das kommt daher, daß z. T. die Muskulatur dadurch, daß das Tier platt gedrückt ist, überdehnt wird und reißt. Bei der unregelmäßigen Lagerung der Organe werden auch andere Organe leicht verletzt; so brechen häufig die Zähne des Kauapparates ab, oder die Eier der Weibchen platzen, sodaß die Dotterschollen in die Leibeshöhle kommen, oder die Epidermis wird durch zusammengedrängte Blutzellen gedehnt und verletzt. Alle diese Verletzungen können nur bei dem Zusammenschrumpfen auf die regelmäßige Tönnchenform und die symmetrische Lagerung der Organe vermieden werden. Für Rädertierchen, und zwar wurden die Beobachtungen an verschiedenen *Callidina*- und *Philodina*-Arten gemacht, konnte dasselbe festgestellt werden. Trotzdem sie weniger stark beim Eintrocknen auf dem Objektträger abgeplattet werden, findet doch, nach den Folgen zu schließen, eine unregelmäßige Lagerung der Organe statt, die das Wiederaufwachen der Tiere gefährdet. Normalerweise ist z. B. die erste deutliche Bewegung der Rätertiere, wie schon Jacobs für *Rotifer* festgestellt hat, die des Streckens des Fußes. Uebrigens geht die Beweglichkeit und Gebrauchsfähigkeit des Organes in wenigen Augenblicken so weit, daß der Körper durch den Fuß und seine Drüsen bereits an die Unterlage angeheftet und nun durch die Muskulatur hin- und herbewegt wird, bevor der Körper im übrigen schon gestreckt worden wäre. Auf dem Objektträger getrocknete *Callidinen* entwickeln nun verhältnismäßig häufig zuerst das Körpervorderende normal oder auch das nur unvollkommen, indes sie offenbar außerstande sind, den Fuß zu entwickeln (Abb. 3). So kann es dann gelegentlich kommen, daß die Tiere nur durch konvulsivische Bewegungen ihre Lage verändern können, stundenlang in der abnormen Haltung verharren, um schließlich in den meisten Fällen in ihr zugrunde zu gehen. Dieses Beispiel zeigt auch, daß nicht die Trockenperiode an sich, sondern vielmehr der Wechsel von Feuchtigkeit- und Trockenperiode die größten Anforderungen an den Organismus stellt. Bei den Rotatorien ist dies noch insofern auffallender, als die Hülle dieser Tiere sehr viel zarter ist, als die der Tardigraden. Andrerseits stellt gerade diese zartere Struktur vielleicht einen Grund für leichter ein-

tretende Komplikationen dar, als diese zarte Hülle den auszustülpenden Teilen nicht eine so sichere Führung gibt; außerdem ist die Einstülpung bei den Rädertierchen auch sehr viel stärker als bei den Tardigraden. Anormal ausgestülpte Callidinen finden sich auch nicht selten in der Natur. Daß in der Tat die Hülle der Rädertierchen zarter als die der Tardigraden ist, beweist auch die Tatsache, daß das Aufquellen und Wiederaufleben normaler Weise rascher geht, in 15—25 Minuten.

Noch anders verhalten sich die Nematoden. Deren allgemeine Organisation, vor allem die in allen Regionen nahezu gleiche Körperdicke, macht eine Einstülpung unmöglich und so verläuft hier das Eintrocknen und Wiederbeleben ohne jede Formveränderung. Darum können auch Nematoden am leichtesten auf dem Objektträger eingetrocknet und zum beweglichen Leben zurückgebracht werden.

Eine zweite Voraussetzung für ein normales Wiederaufleben ist, daß die Trockenperiode nicht zulange dauert. Rädertiere sind auch in dieser Beziehung am empfindlichsten. Davis stellte als Maximum ein Jahr fest für *Philodina*. Gelegentlich sollen Rotatorien aber auch 15 Jahre Trockenstarre ertragen (nach Korschelt zitiert). Eigene Untersuchungen lassen dies schwer verständlich erscheinen, sie ergaben für *Callidina* eine Grenze von 1½ Jahr. Auch nach 2 Jahren sind einzelne Individuen noch am Leben, aber es gelingt fast keinem mehr die normale Form zu erlangen. Bei einem Versuch gelang es 2 unter 12 den Fuß auszustrecken, aber sie mühten sich 6 Stunden ihr Vorderende auszustülpen und gingen so zu Grunde.

Nematoden halten sehr viel mehr aus. Richters brachte Nematoden, die seit 10 Jahren (in australischem Moos) trocken gelegen hatten, noch zum Leben zurück. Tardigraden sind wiederum ausdauernder als Rotatorien und empfindlicher als Nematoden. In demselben Moos erwachten nach 5½ Jahren die Tardigraden noch; nach 10 Jahren jedoch nicht mehr. Innerhalb der Zeit, in der die Tiere noch zum beweglichen Leben zurückkehren können, ist ebenfalls die Dauer der Trockenperiode für die Schnelligkeit, mit der die Tiere wiedererwachen von Wichtigkeit. Nach 8½ Monaten brauchen sie etwa 40 Minuten, nach 22 Monaten etwa 1½ St., nach 2½ Jahren, wie Richters fand 2¾ St. *Callidina* braucht nach 1 Jahr 20 Minuten, nach 22 Monaten 1 Stunde um den Fuß auszustülpen, im ersten Fall im ganzen 30 Minuten bis zur normalen Beweglichkeit, die, wie schon erwähnt, im zweiten Fall überhaupt nicht mehr erreicht wurde.

Die Schädigung, die demnach der Organismus durch die längere Trockenzeit erfährt, ist schwerlich genauer festzustellen. Am näch-

sten liegt die Vermutung, daß bei der fehlenden Exkretion im Lauf der Zeit sich Giftstoffe ansammeln, die lähmend wirken und erst, indem das Wasser nach der Befeuchtung die Organe durchdringt, ausgewaschen werden.

Ein dritter Umstand von Bedeutung für die Lebensfähigkeit der Trockenformen ist der Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft. Die Tiere, von denen bisher berichtet wurde, waren nur lufttrocken, d. h. sie enthielten mindestens soviel Flüssigkeit, als dem Wasserdampfgehalt der umgebenden Luft entsprach. Die relative Feuchtigkeit in dem Raum, in dem die Tiere getrocknet aufbewahrt wurden, betrug ca. 45 % bei einer durchschnittlichen Temperatur von 15 ° C. Nun wurde Moos, in dem sich getrocknete Tiere befanden, zerrieben, auf diese Weise die Tiere von allen Seiten freigelegt und von alten anhaftenden Steinchen etc. befreit und dann in einen Exsikkator gebracht. Darin konnte die relative Feuchtigkeit bis auf 8 % in wenigen Tagen herabgedrückt werden. Die Tiere wurden teils 12 Tage, teils 24, 44 oder 180 Tage darin belassen. Beim Wiederbefeuchten ergab sich, daß sehr viel längere Zeit verstreichen mußte, bis die Tiere wieder voll beweglich waren, als wenn sie nur lufttrocken waren. Nach 12 Tagen verhielten sich die Tiere sehr ungleich. Sie brauchten zwischen 25 und 60 Minuten. Nach 24 Tagen erwachte kein Tier vor etwa $^5/_4$ Saunden. Etwas länger dauerte es nach 44 Tagen. Nach 180 Tagen schließlich waren die meisten Tiere tot, und nur eines unter 12 bewegte sich erst nach 6 Stunden. Die Tatsache, daß durch starke Trockenheit der umgebenden Luft sehr viel schneller die Maximaldauer der erträglichen Trockenzeit erreicht wird, beweist, daß der Körper der Tiere nicht hermetisch von der Umgebung duch die schützende Hülle getrennt ist. Die auftretende Verzögerung beim Wiederaufleben kann die Folge davon sein, daß durch die starke Trockenheit der Luft auch dem Tierkörper Wasser in höherem Maße als zuträglich entzogen wird. Aber es war nicht möglich, einen Einblick in diese Vorgänge zu tun

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Temperatur. Die Tardigraden und zwar besonders die Makrobioten sind kosmopolitisch; von R i c h t e r s wurden sie in Moos von der Arktis und Antarktis, von Europa und Amerika, Indien und Australien gefunden. Daraus kann unmittelbar geschlossen werden, daß sie in beträchltichem Maß von der Temperatur unabhängig sind. Doch geht dies nicht so weit, wie gelegentlich angenommen wurde, daß die Tiere im Trockenzustand Temperaturen über 100 ° wie manche Bakteriensporen stundenlang, ohne Schaden zu nehmen, aushielten. Es ergab sich in Versuchen mit Tardigraden vielmehr, daß 100 ° in halbstündiger Einwirkung bereits tödlich wirkt, daß 90 ° aber von der Mehrzahl der Individuen während 1 Stunde ertragen wurde. 80 ° wirkt nach

zweistündiger Dauer wiederum tödlich, 70 ° nach 5, 60 ° nach 20 Stunden. 50 ° hielten nahezu alle während 20 Stunden aus, 35 ° während einer Woche wurde ohne jede Schädigung ertragen. Je näher die Zeitdauer bezw. die Höhe der Temperatur an den kritischen Punkt heranrückte, umso länger brauchten wiederum die Tiere nach dem Befeuchten, um ihre Bewegungsfähigkeit wieder zu erlangen.

Ein letzter für die Fähigkeit des Wiedererwachens wichtiger Umstand ist der, wie oft in einer bestimmten Zeit die Tiere eingetrocknet wurden. Da ergab sich, daß der Akt des Eintrocknens von viel größerem Einfluß auf die Widerstandsfähigkeit der Tiere ist als die Dauer der Trockenperiode. Wenn die Tiere nur kurze Perioden des beweglichen Lebens haben, so daß sie nur wenig oder gar keine neue Nahrung aufnehmen können, dann sind sie meistens schon nach sechsmaligem Eintrocknen, selbst wenn jede Trockenperiode nur 23 Stunden dauert, unfähig wiederaufzuleben. Sie verändern allmählich auch ihre Trockenform, die unregelmäßig wird wie bei Tieren, die auf dem Objektträger eintrocknen; die Extremitäten, sogar der Kopf und das Hinterende können nicht mehr eingezogen werden. Ganz unregelmäßig laufende Falten geben dem Objekt das Aussehen eines zerknitterten Stückchens Papier. Schon bei der 4. oder 5. Eintrocknung ist die Oberfläche des getrockneten Tieres nicht mehr glänzend, sondern so durchscheinend, daß man gut die unter dem Tier liegenden Papier- oder Tuchfäserchen erkennen kann, was bei einem normal und zum 1. Mal getrockneten Tier ganz unmöglich ist. Daß diese Veränderung überhaupt eintreten kann, muß so erklärt werden, daß das Tier normaler Weise ein Sekret zu produzieren imstande ist, das sich beim Eintrocknen auf der Körperoberfläche ausbreitet, das jedoch nicht produziert werden kann, wenn die Neuaufnahme und Verdauung von Nahrungsstoffen wegen zu kurz bemessenen Perioden des beweglichen Lebens behindert ist. Nach der 4. oder 5. Eintrocknung und Befeuchtung sind die Tiere häufig nicht mehr imstande, den Körper und Kopf zu strecken, oder auch die eine oder andere Extremität ist wie gelähmt. Diese Erscheinungen müssen als Folgen davon aufgefaßt werden, daß durch das Fehlen jenes Sekretes das Körperinnere vor schädlicher Austrocknung nicht mehr genügend geschützt ist, und darum der eine oder andere Teil durch Wasserentzug dauernd geschädigt wird. Daß Hunger die Ursache hiervon sein könnte, ist darum ausgeschlossen, weil sehr häufig der Darm während des ganzen Versuches mit grünem oder gelbem Inhalt gefüllt war, der sich weder an Masse noch an Farbe veränderte.

Uebrigens verhielten sich genau entsprechend auch Rotatorien, wie Untersuchungen von Jacobs und gelegentlich eigene ergaben.

Aus diesen Versuchen lassen sich nun einige Eigenheiten der Tardigraden erkennen, die von Wichtigkeit für das Verständnis der uns hier beschäftigenden Erscheinung ist.

1. Die Tiere enthalten Feuchtigkeit und zwar Wasser; das geht aus den Austrocknungsversuchen im Exsikkator deutlich hervor. Außerdem läßt sich dies ohne weiteres an jedem Tier im Trockenzustand darum beweisen, weil sich aus ihm unter dem Deckglas leicht eine Flüssigkeit herauspressen läßt, die, der Reaktion mit Osmiumsäure, Sudan nach und wegen der Unmöglichkeit, sie mit anderen flüssigen Fetten zu mischen, wohl nur als Wasser angesehen werden kann.

Enthält nun ein Tier auch im Trockenzustand Wasser in höherem Maß als die umgebende Luft, so muß die Verdunstung durch eine möglichst gut abschließende Hülle verhindert werden. Deswegen sind die Tardigraden durch Cuticula, Hülle und das über

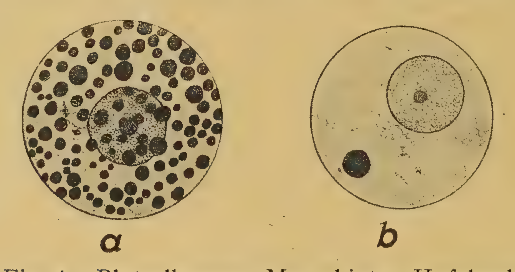


Fig. 4. Blutzellen von Macrobiotus Hufelandi
schwarz: bei a) durch Sudan gefärbte Fetttröpfchen,
b) durch Barfurth'sche Lösung gefärbter Glycogentropfen.
Bei beiden ist der Kern sichtbar.

diese sich ausbreitende Sekret geschützt. Die Hülle ist bei manchen Formen, z. B. den Echinisciden zonenweise stark verdickt. Im Trockenzustand legen sich diese Zonen dicht aneinander, sodaß die Tiere wie von einem Panzer umschlossen sind.

2. Wenn Wasser in den Organen des eingetrockneten Tieres vorhanden ist, so ist natürlich auch ein Stoffwechsel da. Es muß aber gerade in Anbetracht der geringen aufgespeicherten Wassermenge angenommen werden, daß der Stoffwechsel in der Trockenperiode ein anderer als während des beweglichen Lebens ist. Dafür spricht auch, daß Exkretion und Defäkation beim eingetrockneten Tier schon allein wegen dessen Zusammenziehung undenkbar ist. Nach Analogie mit den Verhältnissen der winterschlafenden Wirbeltiere und der Insektenpuppen wird der Stoffwechsel von Reservesubstanzen ausgehen, bei deren Verbrauch von vornherein nur sehr geringe Abfallstoffe übrig bleiben. Als Träger von Reservestoffen wurden von jeher die „Blutzellen“ angesehen. In der Tat sind sie

(Abb. 4 a) mit Fett — durch Sudan sichtbar gemacht — ganz angefüllt, dagegen kann mit der Barfurth'schen Jodreaktion nur eine sehr geringe Menge Glycogen nachgewiesen werden in Form eines kleinen Tröpfchens (Abb. 4 b). Merkwürdig ist nun aber, daß bei Tieren, die nach 22 Monaten Trockenzustand befeuchtet und dann auf die Blutzellen hin untersucht und präpariert wurden, keine Abnahme der durch Sudan färbbaren Verbindung festgestellt werden konnte. Ob der Verbrauch der Reservestoffe ein so langsamer ist, was immerhin in Anbetracht dessen, das die Bärtierchen doch nur eine 6—9jährige Trockenheit vertragen, merkwürdig wäre, oder ob die Reservestoffe für die Trockenperiode in anderen Geweben reichlicher abgelagert werden, und die Rolle der Blutzellen eine ganz andere, unbekannte ist, kann ich nicht sagen. Uebrigens sind auch sämtliche Epidermiszellen mit fettähnlichen Verbindungen, wie aus der Schwärzung mit Osmiumsäure zu schließen ist, geradezu überladen. Im Vergleich zu den Nematoden ist auffallend, wie wenig Glycogen vorhanden ist.

Der abgeänderte Stoffwechsel, der damit verbundene stark herabgesetzte Wassergehalt und schließlich auch die dichte Umhüllung sind die Voraussetzungen für die immerhin außergewöhnliche Unabhängigkeit gegenüber höherer Temperatur und trockener Luft, was allen anderen meist im Wasser lebenden Tieren raschen Tod bringen würde. Sie sind außerdem die Voraussetzung für die Fähigkeit, jahrelange Trockenperioden, die nur von wenigen Tagen, an denen Nahrungsaufnahme möglich ist, unterbrochen sind, ohne Schaden zu ertragen. Hierdurch behalten Tardigraden zusammen mit Rotatorien und Nematoden ihre besondere Bedeutung innerhalb des Problems der Trockenstarre der Metazoen, wenn sie andererseits auch nicht als Beispiel dafür dienen können, daß der Organismus nur ein chemisches System ist, dessen Veränderung durch Entziehung bestimmter Komponenten abgestellt und hernach beliebig wieder angeregt werden könne.

Literatur.

H. Baumann: Die Anabiose der Tardigraden. Zool. Jahr. Phys. Abt. 1920 (?)

H. Davis: New Callidina (vaga) with the result of experiments on the desiccation of Rotifers. Monthly Micr. Journ. Vol. 9. 1873.

M H. Jacobs: The effects of desiccation on the Rotifer Philodina roseola. Journ. exp. Zool. Philadelphia Vol. 6. 1909.

E. Korschelt: Lebensdauer, Altern und Tod. Beitr. z. path. Anat. u. znr allg. Path. Bd. 63. 1917.

F. Richters: Beitrag zur Kenntnis der Moosfauna Australiens und der Inseln des Pacifischen Ozeans. Zool. Jahrb. Syst. Abt. Bd. 26. 1908.

Hierauf hielt Herr W. Harms den Vortrag:

Experimentell-morphologische Untersuchungen über ein neues nebennierenrinden-ähnliches Organ bei einem Wirbellosen (Physcosoma spec.) im Vergleich zum Interrenalorgan der niederen Wirbeltiere.

(Aus dem Zool. Institut der Universität Marburg.)

Die Nebennieren sind uns bis heute noch ein rätselhaftes Organ. Schon der Begriff Nebenniere bezeichnet etwas ganz heterogenes: das Adrenal- und das Interrenalorgan. Ersteres ist erst sekundär im Verlauf der phylogenetischen Entwicklung der Wirbeltiere mit der Niere in Beziehung getreten. Bei den Selachiern z. B. sind die Suprarenal- oder Adrenal-Körper paarig in der ganzen Bauchhöhle den segmentalen Arterienresten der Aorta und den Ganglien des sympathischen Grenzstranges angeschlossen. Bei den Cyclostomen gar erstrecken sie sich vom zweiten Kiemenpaar bis zum Schwanze. Von den Teleostieren und Amphibien an treten die chromaffinen Zellen der Adrenalkörper zunächst in lockere Beziehung zur Niere und zum Interrenalorgan, um dann schließlich bei den Säugetieren als Nebennierenmark mit dem Interrenalgewebe als Rinde ein kompaktes Organ zu bilden; daneben aber kommen noch chrombraune Zellen in den verschiedensten Gegenden des Körpers vor, so in den Paraganglien, an den Abgangsstellen der Baucharterien, an den sympathischen Geflechten und besonders in der Carotisdrüse.

Entwicklungsgeschichtlich ist das Adrenalsystem ein Derivat des Ectoderms. Es entwickelt sich als ein Abschnitt der Sympathicusanlage. Die Zellen des Adrenalorgans zeichnen sich durch eine große spezifische Affinität zu Chromsalzen aus. Bei Wirbellosen sind von Poll und Sommer ebenfalls chrombraune Zellen in den Bauchmarkganglien nachgewiesen worden. Biedl*) fand auch Adrenalin in ihnen.

---

*) Biedl, Innere Sekretion. Bd. I. u. II. 3. Aufl. Berlin u. Wien 1916.

Durch die Entdeckung des Adrenalins als wirksame Substanz des Nebennierenmarkes ist eine starke Vernachlässigung des Interrenalsystems eingetreten, obwohl dieses von größter Bedeutung für den Gesamtorganismus ist. Man kann es nicht ohne den unmittelbaren Tod herbeizuführen aus dem Organismus ausschalten; wie das Biedl an Selachiern nachgewiesen hat.

Das Interrenalsystem tritt zum ersten Mal in der Wirbeltierreihe bei den Cyclostomen auf in Form einer Reihe von Körperchen, die sich von der Kopfnierengegend bis zur Schwanzregion in der Wand der hinteren Kardinalvene erstrecken. Bei den Teleostiern kommen sie als Stannius'sche Körperchen im caudalen Nierenende vor. Von den Amphibien an tritt dann ein einheitliches Interrenalsystem auf, das aber bei diesen noch in enger Beziehung zu den Urnierenkanälchen steht.

Entwicklungsgeschichtlich entsteht das Interrenalsystem als Zwischenniere aus dem Mesoderm, und zwar entwickelt es sich aus dem ventralen Teil desselben, der als epithelialer Belag das Seitenplattencoelom auskleidet. Hier bilden sich schon sehr früh Knospen aus dem Peritonealepithel, die sich vom Mutterboden loslösen und frei im Stützgewebe liegen. Durch Lageveränderung gewinnen sie dann neue Beziehungen zu den umgebenden Organen, besonders aber zur Niere.

Die Zellen des Interrenalsystems zeichnen sich dadurch aus, daß sie meistens in Strängen und Balken angeordnet und mit stark glänzenden sogenannten lipoiden Körnchen angefüllt sind. Daneben aber kommen noch feine Granula vor, die sich leicht mit Säurefuchsin und Safranin färben und vermittels Abgabe von Nucleolarsubstanz aus dem Kern entstehen.

Bisher ist es nicht gelungen, die wirksame Substanz des Interrenalorgans darzustellen. Es verhält sich in dieser Hinsicht wie die meisten innersekretorischen Organe. Es handelt sich hier wahrscheinlich um sehr stark labile Eiweißkörper, die bei der Extraktion schon zerfallen und wahrscheinlich individuell und artspezifisch sind.

Wie die Untersuchungen von Biedl an Selachiern schon dargetan haben, lassen sich weitere Klärungen über das Interrenalorgan am ersten noch bei niederen Wirbeltieren gewinnen, namentlich wenn es gelingt, auch bei Wirbellosen ein ähnliches Organ aufzufinden. Dies ist mir nun bei einem Tier gelungen, das in verwandtschaftlicher Beziehung zu den Gliederwürmern steht, aber viel höher differenziert ist.

Gelegentlich eines Aufenthaltes auf Lanzarote 1913, einer kleinen vulkanischen Insel an der westafrikanischen Küste, fand ich ein zu den Gephyreen gehöriges Tier, das zur Gattung Physco-

soma gehört, aber eine neue Art darstellt. Es kommt dort in der Ebbezone in Lavagesteinsgängen in großer Anzahl vor, was um so seltsamer ist, als dieses tropische Tier sonst nur immer in wenigen Exemplaren gefunden wurde. Die Organisation dieses Tieres ist besonders deshalb interessant, weil nur ein Paar Nephridien vorhanden sind, die seitlich von dem dorsalen After nach außen münden. Sie durchsetzen die Haut mittels eines kurzen Ausführganges, der in die anschließende Endblase einmündet. Nach hinten zu setzt sich diese in einen zylindrischen Schlauch fort, der zur Hälfte mit einem Mesenterium an der Körperwand hängt. Auf dem vorderen Teil der Endblase liegt ein Flimmerkanal, der durch ein Nephrostom mit der Leibeshöhle in Verbindung steht und nach hinten in die Endblase einmündet. Wahrscheinlich ist das Nephridium der Sipunculiden aus zwei Segmentalorganen verschmolzen, von dem das vordere das Nephrostom, und den Flimmerkanal, das hintere den Endschlauch, Endblase und Ausführgang lieferte. Durch das Nephridium werden die Geschlechtsprodukte, verbrauchte Elemente der Blutflüssigkeit (Urnen, Blutkörper etc.) und das Excret des Nephridiums nach außen entleert. Der Bau des Nephridiums von Physcosoma ist in den einzelnen Abschnitten recht verschieden. Der Ausführgang ist von einem gefalteten zylindrischen Epithel ausgekleidet, das von Bindegewebe und einer Ringsmuskulatur umgeben ist. Die Endblase enthält ein niedriges Plattenepithel, welches von einer homogenen elastischen Bindegewebsschicht umgeben ist. Von außen ist die Endblase sowohl wie der Schlauch von einem Peritonealepithel überdeckt.

Der Schlauch (Fig. 1) hat innen ein hohes Epithel (ne), welches gelbliche Körnchen enthält, ähnlich wie die Chloragogenzellen. Außerdem kommen noch mit Eosin rötlich färbbare Granula und wechselnd auftretende osmierbare vor. Das Epithel kleidet die dicht stehenden acinosen Grübchen in der Schlauchwand aus; nach innen stehen epithelisch Zotten vor. Das Epithel auf den Zotten zeigt lebhafte secenierende Tätigkeit (Fig. 1). Das Sekret wird in Form von Bläschen in das Lumen entleert. Im Sekret befinden sich sowohl die eosinophilen wie osmierbaren Granula, niemals aber die gelben Körnchen. Die epithelen Nierengrübchen sind von einer zarten Bindegewebsschicht überzogen. Am Grunde der neben einander stehenden Acini liegt ein Muskelgeflecht (Fig. 1 m) von sich überkreuzenden Fasern. Manche sind auch mehr ringförmig angeordnet.

In dem Teil des Schlauches, der die Endblase direkt fortsetzt, wird das Nephridium unmittelbar von einem zarten Peritonealepithel überzogen, das z. T. mit sehr langen Wimpern versehen ist. Die letzten zwei Drittel des Schlauches enthalten zwischen Peri-

tonealepithel und Nierenepithel noch eine eigenartige Zellmasse (Fig. 1 in), die wir jetzt etwas genauer beschreiben müssen. Die Zellmassen umkleiden in mehrfacher Schicht die Nierenacini und dringen auch zuweilen keilförmig in die Zotten vor. Die Zellen selbst sind polygonal gestaltet mit scharfen Zellgrenzen. Angefüllt sind sie mit einem Sekret, das außerordentlich feinkörnig ist und sich verschieden, je nach der Reife verhält. Das reife Sekret besteht aus spärlich auftretenden lipoiden Kugeln, die sich mit Sudan III färben und mit Osmium schwärzen lassen. Sie sind sehr leicht löslich in Aether, Chloroform etc., verhalten sich also ganz ähnlich

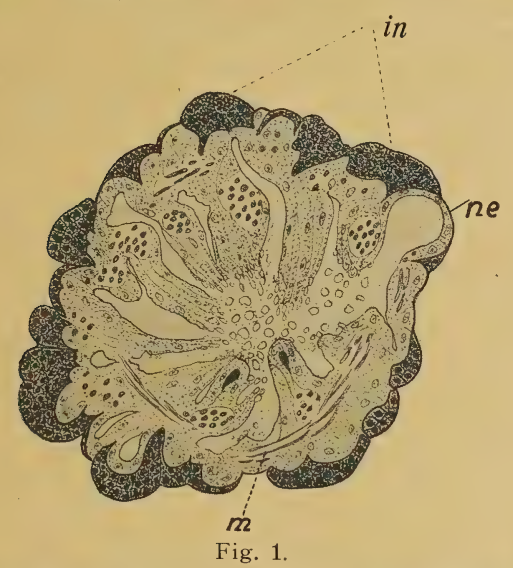


Fig. 1.

Schnitt durch den Nephridienschlauch mit Internephridialorgan von *Physcosoma* spec. *in* = Internephridialorgan; *ne* = Nierenepithel; *m* = Musculatur Vergr.: Oc. 2 Obj. C.

wie die Lipoide des Interrenalorgans. Die große Masse der Granula ist stark lichtbrechend und mit den gebräuchlichen chemischen Mitteln nicht löslich. Sie färben sich sehr scharf mit Heidenhain, Safranin, Säurefuchsin etc. Mit Jodjodkali färben sie sich intensiv rot-gelb, sie sind aber nicht im Speichel löslich. Es handelt sich also nicht um Glycogen. Das Interrenalorgan gibt übrigens dieselbe Reaktion mit Jod. Wie mikrochemische Versuche, die Herr Professor *Kutscher* so liebenswürdig war anzustellen, zeigen, handelt es sich um einen dem Nuclein ähnlichen Stoff, worauf auch der Prozeß der Sekretbildung hindeutet. Junge Zellen, die man am besten an regenerierenden Nephridien beobachtet, haben noch keine Granula. Das

Plasma ist wabig gebaut, die Kerne rund mit fein verteiltem Chromatin. Bei der weiteren Reife tritt ein deutlich sichtbarer Nucleolus auf, das fast die ganzen Kerne anfüllt. Aus dem Kern selbst treten dann bald stark mit Safranin färbbare Körnchen aus, die in das Plasma gelangen. Der Nucleolus wird in dem Maße als die Chromatinausstoßung fortschreitet, immer kleiner. Schließlich bleibt vom Kern nur eine blasse mit Kernfarbstoffen nur schwach färbbare Masse übrig. Das Plasma ist ganz erfüllt mit chromatischem Sekret, das allmählich seine intensive Färbbarkeit mit Safranin ver-



Fig. 2.

Zellen des Internephridialorgans von *Physcosoma* spec. im Stadium der Sekretion. *bz* = basale Zellen des Internephridialorgans; *sz* = in die Blutflüssigkeit secernierende Zellen.

Verg.: Oc. 4 Hom. Imm. 1/12.

liert. Diese so gereiften Sekretgranula werden nun an der Außenseite des Schlauches, der in der Leibeshöhle und damit auch in der Blutflüssigkeit frei hängt, direkt ins Blut entleert: Also eine innere Sekretion, wie man sie klarer sich nicht gut vorstellen kann (Fig. 2 sz). Der Prozeß der Entleerung des Sekretes geht meist am Grunde der von den Acini gebildeten äußeren Kuppen der Nieren vor sich. Es entstehen an der der Leibeshöhle zugekehrten Seite der Zellen zahlreiche Vakuolen, die sich abschnüren und Flüssigkeit und Körnchensekret ins Blut entleeren (Fig. 2 sz). Die Regeneration der verbrauchten Zellen erfolgt von den dem

Nierenepithel zugekehrten Zellagen (Fig. 2 bz). Reifung des Sekrets, Ausstoßung und Ersatz der Zellen geht in Phasen vor sich. Die Bedeutung dieses eigenartigen, dem Nephridium angelagerten Organs konnte in exacter Weise an Experimenten dargetan werden. Ich werde das Organ „Internephridialorgan“ nennen und fordere damit schon einen Vergleich mit dem Interrenalorgan der Wirbeltiere heraus, den ich zum Schluß ziehen werde.

Da mir Physcosoma in einer unbeschränkten Zahl zur Verfügung stand, so ließen sich mit einiger Aussicht auf Erfolg Experimente an diesen Tieren vornehmen. Ich bemerke, daß alle meine Versuchstiere in verzinkten und verankerten Kästen an dem Ort ihres natürlichen Vorkommens im Meere belassen wurden.

Es wurden folgende Versuche angestellt:

1. Entfernung des Endschlauches beider Segmentalorgane. Die Operation ist leicht auszuführen, indem man mit einer feinen Nadel das durchschimmernde Organ umsticht, dann den Faden durchzieht und so das Segmentalorgan so weit man will, unverletzt hervorziehen kann. Tiere, denen beide Schläuche, soweit das Internephridialorgan sich erstreckt, entfernt worden sind, gehen in 2—5 Tagen zugrunde; selbst wenn man ihnen die vorderen Teile des Schlauches, die ohne diese Organe sind, beläßt. Die Tiere werden nach kurzer Zeit schlaff, das rötliche Blut verfärbt sich in mißfarbiges Grau, wird dann aber pechschwarz. Die Tiere gehen darauf unrettbar ein.
2. Entfernt man einen Endschlauch mit dem Internephridialorgan vollständig und beläßt am anderen ein kleines Stückchen desselben, so erscheinen die Tiere zunächst ebenfalls etwas schlaffer. Die Tiere erholen sich dann aber schnell wieder. Die mikroskopische Untersuchung zeigte dann, daß das restierende Internephridialorgan beträchtlich hypertrophiert war.
3. Entfernt man beide Schläuche mit dem Internephridialorgan und transplantiert ein Stückchen auf die Darm- oder Körperwand, so sind wohl die Versuchstiere in den ersten Tagen nach der Operation etwas schlaff, sie erholen sich dann aber zusehends. Die Untersuchung zeigte, daß die Transplantation fast immer glückt und daß das Internephridialorgan weiter wuchert und secerniert.
4. Entfernt man einem Tier beide Internephridialorgan restlos und vereinigt es in Parabiose mit einem normalen Tier, so geht es ebenfalls nicht zu grunde.

Diese hier ganz kurz skizzierten Versuche, die im großen Maßstabe immer mit demselben Erfolge angestellt wurden, zeigen, daß das Internephridialorgan von lebenswichtiger Bedeutung ist. Die geringfügige Operation kann den Tod nicht herbeigeführt haben, denn die Transplantation ist viel einschneidender. Auch vertragen die Tiere das Abtrennen des Hinter- sowohl wie der Vorderteile des Körpers, worauf sie sogar bald die verloren gegangenen Teile zu regenerieren beginnen.

Sowohl aus der Morphologie wie aus den eben geschilderten Experimenten liegt es nahe, das Internephridialorgan als ein dem

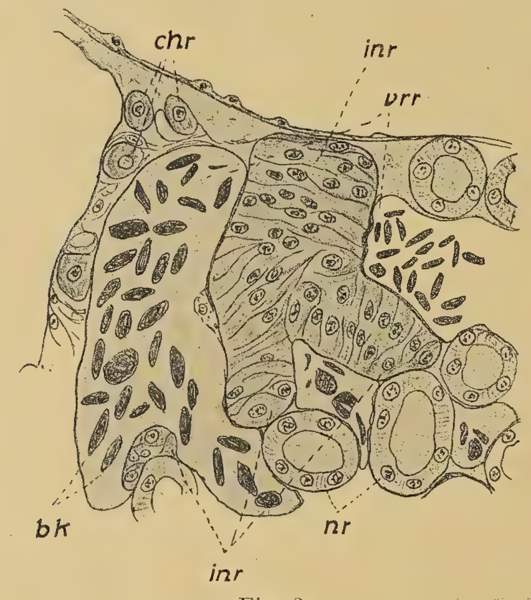


Fig. 3.

Schnitt dnrch einen Interrenalstrang von *Triton cristatus*. *bk* = Blutkörperchen; *chr* = chromaffine Zellen des Adrenalsystems; *inr* = Interrenalorgan; *nr* = Urnierenkanälchen; *vrr* = Venae renalis revehentes.
Verg.: Oc. 4 Obj. C,

Interrenalorgan der Wirbeltiere ähnliches aufzufassen. Um eine exakte Homologisierung zu beweisen, müßte allerdings erst die Entwicklung des Organs studiert werden.

Sowohl bei Wirbeltieren wie bei Physcosoma haben wir es mit einem Organ zu tun, das der Niere dicht anliegt. Diese Lagerung ist außerordentlich gleichartig bei Amphibien (Fig. 3 nr, inr) und Physcosoma (Fig. 1 in, ne). Bei ersteren liegen die Wurzeln der Interrenalsträge direkt den Nierenkanälchen (Fig. 3 nr) an,

diese oft halb umfassend. Die Stränge selbst werden allseitig von Ästen der Venae renales revehentes umspült, sodaß das Sekret direkt ins Blut gelangen kann. Diese Sekretentleerung ist von Ciacciò und auch von mir beobachtet worden. Auch bei Physcosoma liegt ja das Internephridalorgan den Nierenacini direkt auf und das Sekret gelangt unmittelbar in das das Nephridium umspülende Blut. Eine weitere Übereinstimmung besteht darin, daß die eiweißartigen Granula bei Wirbeltieren sowohl wie bei Physcosoma aus dem Kerne stammen. Diese Chromatinausstoßung in das Plasma läßt sich besonders gut bei Amphibien (ich habe Tritonen und Feuerkröten untersucht) feststellen, weil hier der Kern sehr groß ist. Der Vorgang spielt sich so ab, daß nucleolarartige Chromatinkugeln sich an die Kernmembran begeben und diese verwölben. Dann tritt die Hälfte der Kugel aus, indem vorher eine Durchteilung eintritt. Beide Teilstücke hängen aber zunächst noch zusammen. Schließlich trennen sich die Teilstücke und eins gelangt nach außen; ist aber mit dem Kern noch durch ein achromatisches Fädchen verbunden. Oft liegen mehrere außen am Kern nahe aneinander, sodaß ein Bild von mitotischer Teilung vorgetäuscht wird. In den letzten Phasen der Chromatiausstoßung wird der sonst rundliche Kern stark eliptisch, und die Membran ist an einer Schmalseite durchbrochen; hier treten dann größere Chromatinbrocken aus, die ebenfalls an achromatischen Fäden hängen. Das ganze Fadengerüst des Kernes ist nach der Austrittsstelle des Chromatins orientiert.

Auch bei einer etwa 3 Monate alten Katze habe ich ähnliche Stadien mit aller Deutlichkeit feststellen können. Die Kerne der Interrenalzellen sind hier kreisrund und haben einen deutlichen Nucleolus. Dieser teilt sich, ein Teilstück rückt an die Kernmembran und hier tritt dann wieder eine Durchteilung ein, worauf ein Teilstück ausgestoßen wird.

Wir haben also bei Amphibien sowohl als auch bei Säugern einen auch bei Physcosoma festgestellten ganz analogen Vorgang in der Bildung des eiweißartigen Sekretes. Bei Fischen scheint ähnliches vorzukommen, jedoch scheiterten meine angestellten Versuche (junge Schleie) an der Kleinheit der Kerne des Interrenalorgans.

Bemerkenswert ist, daß bei Wirbeltieren die lipoiden Granula bei weitem überwiegen, während bei Physcosoma die eiweißartigen dominieren, ja die lipoiden scheinen oft fast ganz zu fehlen. Nun muß man aber bedenken, daß eigentliche Fettmassen oder Fettspeicherzellen bei Würmern nicht vorkommen. Der Stoffwechsel ist daher ein ganz anderer als bei Wirbeltieren. Wir wissen ja auch nicht, welche Granula bei Wirbeltieren das eigentliche spezifische Sekret des Interrenalorgans darstellen. Da lipoide Ein-

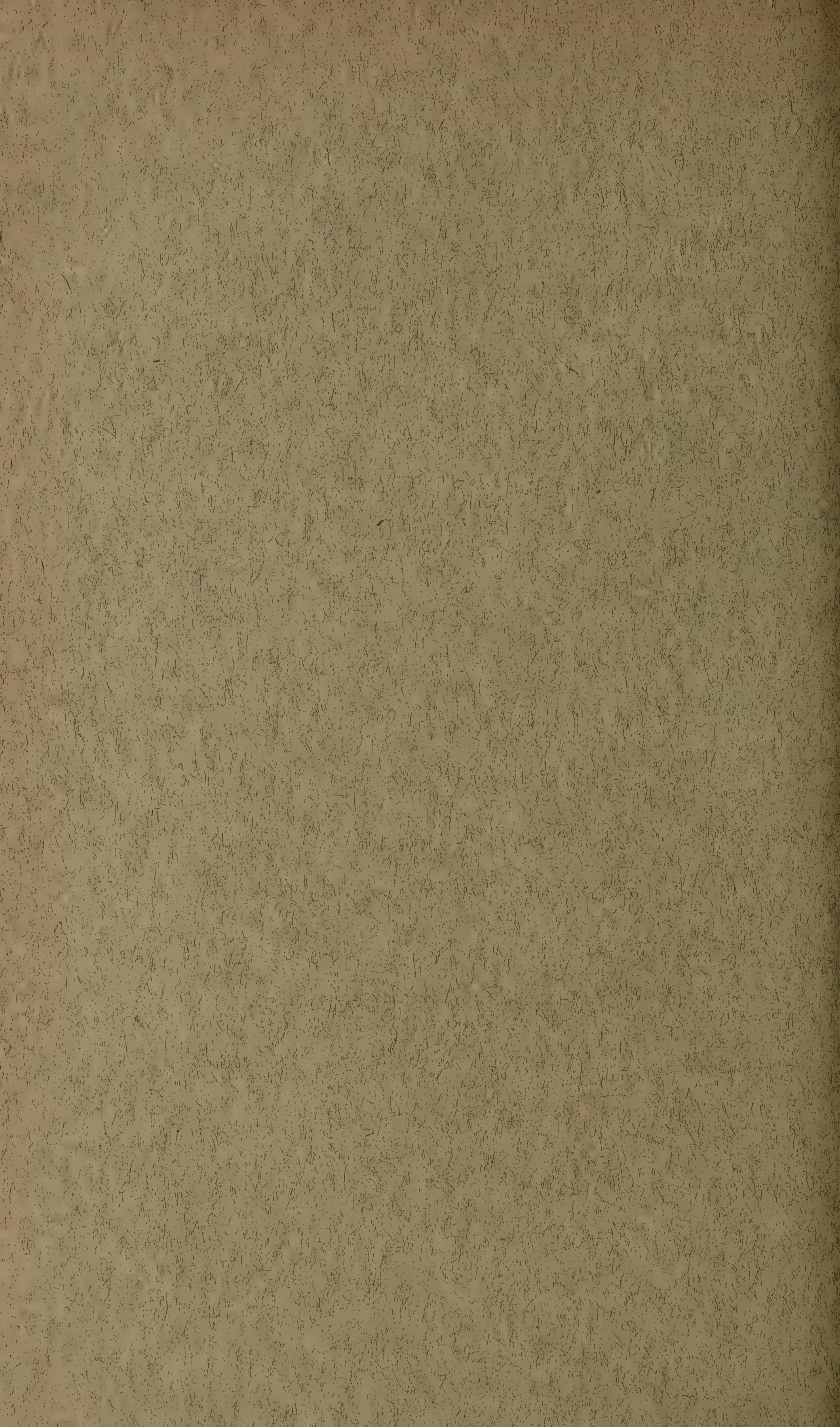
schlüsse auch sonst in Zellen der verschiedenen Organe vorkommen, so neige ich mehr der Ansicht zu, daß das nucleolarartige Sekret das eigentlich wichtige ist; zumal dieses bei Physcosoma fast die ganze Menge des Sekrets ausmacht.

Eine weitere Parallele des Internephridialorgans zum Interrenalorgan der Wirbeltiere ergibt sich daraus, daß beide lebenswichtig sind, wie die Versuche *Biedl* an den Selachiern und meine eigenen an Physcosoma zweifellos ergeben haben. Retraplantation hält auch bei Wirbeltieren das Leben aufrecht und eine Exstirpation unter Belassung eines Restes führt zur Regeneration und kompensatorischer Hypertrophie.

Durch die Entdeckung eines interrenalähnlichen Organs bei einem wirbellosen Tier, namentlich wenn es gelingt, dieses Organ auch weiterhin bei anderen Formen nachzuweisen, ist uns vielleicht die Möglichkeit gegeben, näher in die Bedeutung dieses Organs für den Gesamtorganismus einzudringen. Wir wissen auch heute noch nicht, welcher Art das innere Sekret der Nebennierenrinde ist und können auch nicht feststellen, wie es wirkt. Wir wissen lediglich, daß die Nebennierenrinde wie auch das Internephridialorgan lebenswichtig sind und daß das Interrenalorgan die mannigfachsten Beziehungen zu anderen innersekretorischen Organen hat; wie auch die histologische Struktur bei verschiedenen Körperzuständen z. B. Schwangerschaft und Winterschlaf usw. zeigt und daß eine Erkrankung dieses Organes zu schweren Schädigungen des Gesamtorganismus führt.

Es wäre mein Wunsch, weiteres zur Klärung dieser Fragen, namentlich bei Wirbellosen beitragen zu können (auch bei Acraniern ist noch kein Interrenalorgan bekannt), jedoch ist wohl vorerst keine Möglichkeit vorhanden, solche Studien auszuführen.





Sitzungsberichte

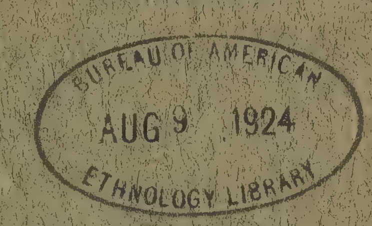
der

Gesellschaft zur Förderung der gesamten Naturwissenschaften

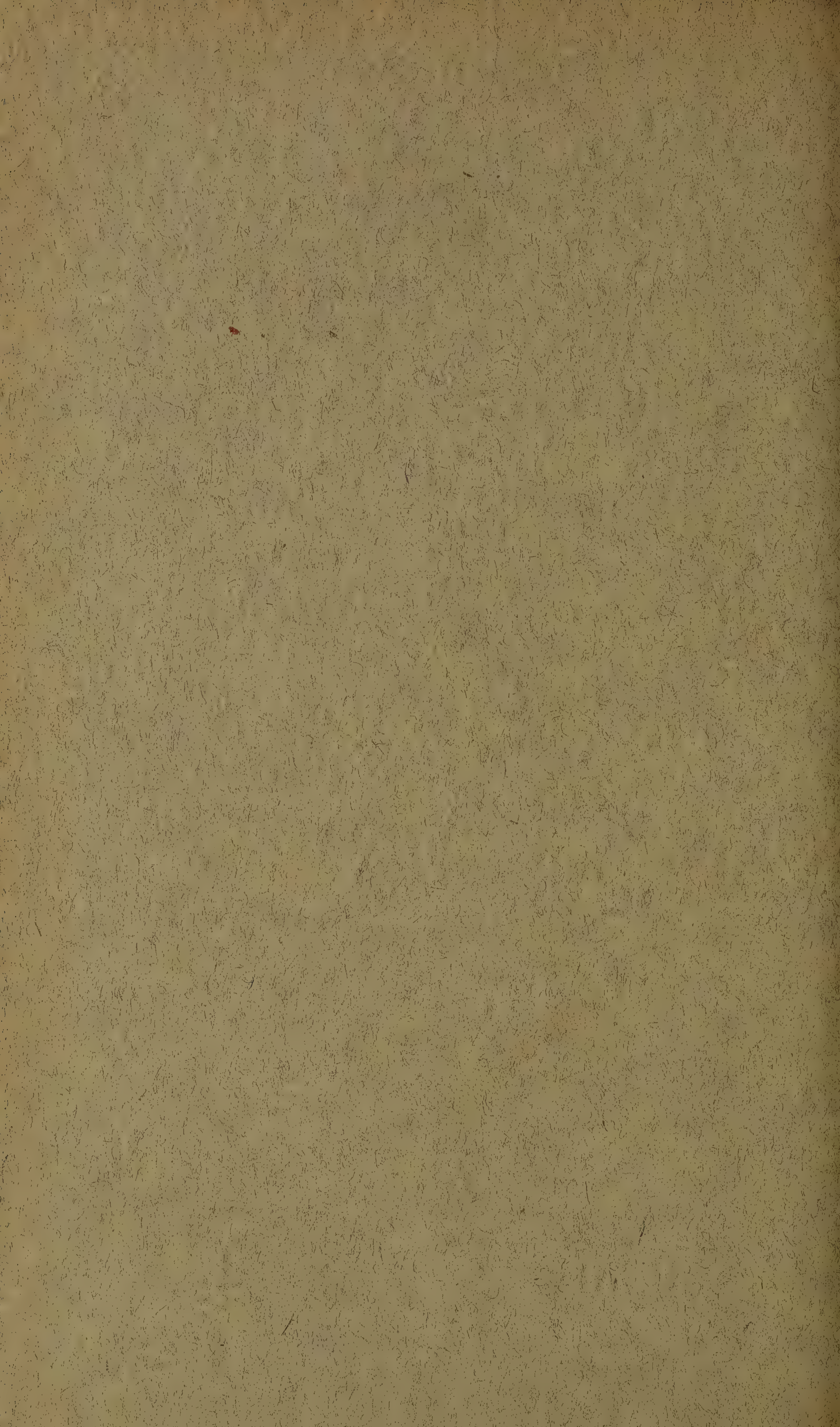
zu

Marburg

Jahrgang 1920



Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
1921.



Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Förderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1920

Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
Im Kommissionsverlag der N. G. Elwert'schen Verlagsbuchhandlung (G. Braun)
1921.

Inhalt.

Verzeichnis der Mitglieder*)

(am Schluß des Jahres 1919).

Ehrenmitglieder.

Marchand, Felix, Dr. med., o. Professor der pathol. Anatomie, Geh. Med.-Rat, Leipzig 19. 12. 00

Kayser, Emanuel, Dr. phil., o. Prof. em. der Geologie, Geh. Reg.-Rat, München 23. 10. 18 (13. 1. 86)

Einheimische Mitglieder.

A. Ordentliche.

Ahlfeld, Friedrich, Dr. med., o. Prof. em. d. Gynäkol., Geh. Med.-Rat 11. 7. 83

v. Auwers, Karl, Dr. phil., o. Prof. der Chemie, Geh. Reg.-Rat . 17. 12. 13

Bielschowsky, Alfred, Dr. med., o. Professor der Augenheilkuude, Geh. Med.-Rat 6. 3. 14 (30. 7. 13)

Bonhoff, Heinrich, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Geh. Med.-Rat 9. 3. 04 (8. 11. 99)

Feussner, Wilhelm, Dr. phil., o. Hon.-Professor der theoretischen Physik, Geh. Reg.-Rat 14. 7. 81 (10. 6. 69)

Gadamer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der pharmazeut. Chemie Geh. Reg.-Rat 28. 5. 19 (9. 3. 98)

Göppert, Ernst, Dr. med., o. Professor der Anatomie 22. 10. 19 (4. 12. 12)

Gürber, August, Dr. med. et phil., o. Professor d. Pharmakologie 28. 6. 11 (9. 12. 08)

Hensel, Kurt, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik Geh. Reg.-Rat . 10. 12. 02

Hildebrand, Heinrich, Dr. med,, o. Hon.-Professor der gerichtl. Medizin, Geh. Med.-Rat 12. 5. 15 (14. 12. 04)

Hofmann, Franz, Dr. med., o. Prof. d. Physiologie, Geh. Med.-Rat 21. 6. 16

Jaensch, Erich, Dr. phil., o. Professor der Philosophie 10. 3. 15 (11. 6. 13)

Korschelt, Eugen, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Geh. Reg.-Rat 26. 7. 98

Kutscher, Friedrich, Dr. med., a. o. Professor der Physiologie . 12. 2. 93 (16. 2. 08)

Läwen, Arthur, Dr. med., o. Prof. der Chirurgie 23. 6. 20

Löhlein, Max, Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie . . 10. 7. 18

Meyer, Arthur, Dr. phil., o. Professor der Botanik, Geh. Reg.-Rat 4. 11. 91

---

* Die Daten bedeuten den Tag der Ernennung, die in Parenthese gesetzten Daten den Tag der Ernennung zum außerordentlichen Mitglied

Müller, Eduard, Dr. med., a. o. Prof., Direktor der med. Poliklinik	7. 5. 11
	(9. 2. 10)
Neumann, Ernst, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik	10. 11. 20
Ostmann, Paul, Dr. med., o. Hon.-Prof. d. Otologie, Geh. Med.-Rat	13. 11. 95
Schaefer, Clemens, Dr. phil., o. Prof. der Physik	8. 12. 20
Schmidt, Ernst, Dr. phil., o. Professor der pharmazeut. Chemie, Geh. Reg.-Rat	11. 3. 85
Schulze, Franz Arthur, Dr. phil., Prof., a. o. Prof. der theor. Physik	5. 8. 08
	(31. 7. 01)
Schultze Jena, Leonhard, Dr. phil., o. Professor der Geographie .	7. 5. 13
Schwenkenbecher, Dr. med., o. Prof. der inneren Medizin	23. 6. 20
Thiel, Alfred, Dr. phil., o. Professor der physikalischen Chemie .	8. 5. 12
	(10. 3. 11)
Tuczek, Franz, Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Geh. Med.-Rat	15. 5. 95
	(14. 3. 90)
Wedekind, Rudolf, Dr. phil., o. Prof. d. Geologie u. Paläontologie	12. 12. 17
Weigel, Otto, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie	10. 7. 18
	(9. 2. 16)
Wollenberg, Robert, Dr. med., o. Professor der Psychiatrie und Neurologie, Geh. Med.-Rat	28. 5. 19
Zangemeister, Wilhelm, Dr. med., o. Professor der Gynäkologie .	28. 6. 11
Zincke, Theodor, Dr. med., o. Prof. em. der Chemie, Geh. Reg.-Rat	13. 1. 76

B. Außerordentliche.

Berlin, Ernst, Dr. phil., Assistent am physiologischen Institut .	26. 6. 11
Blanckenhorn, Max, Professor Dr., Landesgeologe	15. 1. 13
Brand, Walter, Dr. phil., Studienrat, Oberlehrer	19. 2. 13
v. Dalwigk, Friedrich, Dr. phil., Prof., Privatdozent der reinen und angewandten Mathematik	9. 5. 00
Esch, Peter, Dr. med., Professor, Privatdozent	20. 11. 13
Frey, Ernst, Dr. med , Professor, Privatdozent	30. 7. 13
Grüter, Wilhelm, Dr. med., Frofessor, Privatdozent, Assistent an der Augenklinik	28. 6. 11
Harms, Wilhelm, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Zoologie	7. 6. 10
Jahrmärker, Max, Dr. med., Professor, Privatdozent, Direktor der Landesheilanstalt	10. 2. 04
Kauffmann, Oskar, Hauptmann d. L., Forschungsreisender . . .	13. 12 11
Knabe, Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Direktor der Oberrealschule . .	19. 2. 19
Kreckwitz, Hans, Dr. med., Assistent an der medizin. Poliklinik .	24. 6. 14
Nordhausen, Max, Dr. phil., a. o. Professor der Botanik . . .	12. 5. 12
Reissert, Arnold, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Chemie .	11. 2. 03
Rick, Dr. med., Assistent an der Frauenklinik	24. 6. 14
Rieländer, August, Dr. med., Prof., Privatdozent der Gynäkologie	13. 6. 06
Rohmer, Paul, Dr. med., Privatdozent	17. 12. 13
Schenck, Martin, Dr. med. et phil., Privatdozent, Professor, Assistent am pharmazeut. Institut	28. 6. 11
Schwantke, Arthur, Dr. phil., Professor, Privatdozent, Assistent am mineralogischen Institut	21. 6. 99
Siebert, Karl, Dr. phil., Chemiker	14. 5. 02
Strecker, Wilhelm, Dr. phil., a. o. Professor der Chemie	6. 3. 14
Strieder, Franz, Dr. phil., Assistent am physikalischen Institut .	10. 7. 18
Stuchtey, Karl, Dr. phil., Privatdozent, Assist. am physik. Institut	9. 12. 08
Take, Emil, Professor, Dr. phil., Privatdozent, Assistent am physikalischen Iustitut	9. 12. 08
Tönniges, Karl, Dr. phil., Professor, Assistent am zoolog. Institut	16. 2. 98

Veit, Otto, Dr. med., Privatdozent, Professor, I. Prosektor . . . 28. 7. 09
Wagener, Oskar, Dr. med., a. o. Professor der Otologie 12. 12. 17
Wilson, Karl, Geh. Reg.-Rat 19. 2. 19
Wintzer, Paul, Dr. med., prakt. Arzt 13. 5. 14

Auswärtige Mitglieder.*)

Ach, Narciss, Dr. med. et phil., Prof. der Philosophie, Königsberg (8. 2. 05)
Ackermann, Dankwart, Dr. med., Professor, Privatdozent der Physiologie, Würzburg . . . . (5. 8. 08)
Andrée, Karl, Dr. phil., a. o. Professor der Geologie, Königsberg (4. 8. 10)
Aschoff, Ludwig, o. Prof. der patholog. Anatomie, Freiburg i. Br. 17. 6. 03
Axenfeld, Theodor, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Freiburg i. Br. . . . . (15. 1. 96)
Barth, Adolf, Dr. med., o. Professor der Otologie, Leipzig . . 4. 11. 91
Barth, Arthur, Dr. med., Professor, Oberarzt, Danzig . . . . (13. 11. 95)
Beneke, Rudolf, Dr. med., o. Professor der path. Anatomie, Halle 14. 11. 06
Berblinger, Walter, Professor, Dr. med., Privatdozent, Kiel . . (8. 2. 05)
v. Bergmann, Gustav, Dr. med., o. Prof. d. inn. Medizin, Frankfurt a. M. 10. 5. 17
Böhm, Rudolf, Dr. med., o. Professor der Pharmazie, Geh. Med.-Rat, Leipzig 20. 5. 81
Borrmann, Robert, Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Braunschweig . . . . (14. 5. 02)
Brauer, Ludolf, Dr. med., o. Professor, Direktor der medizinischen Klinik in Hamburg-Eppendorf . . . . (14. 12. 04)
**Breithaupt, Wilhelm,* Dr. ing. h. c., Cassel 23. 10. 18
Brauns, Reinhard, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Geh. Berg-Rat, Bonn . . . . (27. 1. 88)
Bruns, Oskar, Dr. med., a. o. Prof. der inn. Medizin, Göttingen . (28. 6. 11)
Buchholz, Adolf, Dr. med., Professor, Hamburg 8. 12. 97
Busz, Karl, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Münster . . (19. 6. 95)
Cloos, Hans, Dr. phil., o. Professor der Geologie u. Paläontologie, Breslau 10. 3. 15
Diels, Ludwig, Dr. phil., Kustos am botanischen Museum, a. o. Professor an der Universität, Berlin-Dahlem 28. 6. 11
(28. 7. 09)
Dietrich, Theodor, Dr. phil., Professor, Geh. Reg.-Rat, Hannover (15. 1. 96)
Drevermann, Fritz, Dr. phil., Professor, Frankfurt a. M. . . . (11. 2. 03)
Enderlen, Eugen, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Heidelberg 12. 2. 97
**Eysell, Adolf,* Dr. med., Geh. Sanitätsrat, Cassel 23. 10. 18
Falk, Ferdinand August, Dr. med., a. o. Prof. d. Pharmazie, Kiel 28. 4. 75
**Fennel, Adolf,* Inhaber der Firma Otto Fennel Söhne, Cassel . (23. 10. 18)
Fischer, Guido, Dr. phil., a. o. Professor der Zahnheilkunde, Hamburg 28. 6. 11
Fraenkel, Karl, Dr. med., o. Professor der Hygiene, Halle . . . 4. 11. 91
Fries, Karl, Dr. phil., o. Professor der Chemie, Braunschweig . . 10. 3. 15
(9. 3. 04)
Fuëter, Rudolf, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Zürich . (3. 5. 07)
Goebel, Karl, Dr. phil., o. Professor der Botanik, München . . . 27. 1. 88
**Guder,* Dr. med., Geh. Med.-Rat, Kreisarzt, Laasphe 23. 10. 18
Hagemann, Richard, Dr. med., Professor, Privatdozent, Würzburg 13. 5. 14

*) Die mit einem * bezeichneten sind korrespondierende, die sämtlichen übrigen ehemalige einheimische Mitglieder.

Haselhoff, Emil, Dr. phil., Professor, Direktor der landwirtsch. Versuchsstation, Cassel . . . . (11. 2. 03)
Häcker, Rudolf, Dr. med., Professor, Oberarzt der chirurgischen Klinik, Essen . . . . (7. 6. 10)
Heffter, Arthur, Dr. phil. et med., o. Professor der Pharmakologie, Berlin 14. 11. 06
Heine, Leopold, o. Professor der Ophthalmologie, Kiel . . . . (18. 1. 99)
Hellinger, Ernst, Dr. phil., a. o. Professor der Mathematik, Frankfurt a. M. . . . . (12. 1. 10)
**Heraeus, Wilhelm,* Dr. phil., Leiter der Firma W. C. Heraeus, Hanau 23. 10. 18
Hermann, Theodor, Dr. phil., Hanau . . . . (2. 7. 68)
v. Hess, Karl, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, München 11. 11. 96
Hess, Otto, Dr. med., Professor, Oberarzt, Posen . . . . (25. 6. 02)
**Heusler, Fritz,* Dr. phil., Hüttendirektor, Dillenburg 8. 2. 05
Hohmeier, Friedrich, Dr. med., Frofessor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Coblenz . . . . (24. 6. 14)
Hürter, Jakob, Dr. med., Professor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Mainz 17. 12. 13
Jores, Leonhard, Dr. med., o. Professor, Direktor des patholog. Instituts, Kiel 9. 7. 13
Jung, Heinrich, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Halle . . (13. 12. 05)
Katsch, Gerhard, Dr. med., Privatdozent, Frankfurt a. M. . . . 29. 5. 18
Keller, Oskar, Dr. phil., a. o. Professor der pharmaz. Chemie, Jena 28. 6. 11
König, Friedrich, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Würzburg 9. 7. 13
Körner, Theodor, Dr. phil., Chemiker, Buxtehude 21. 3. 17
Kossel, Albrecht, Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Rat, Heidelberg 15. 5. 95
Krauss, Wilhelm, Dr. med., Professor der Augenheilkunde an der medizinischen Akademie, Düsseldorf . . . . (10. 7. 07)
v. Krehl, Ludolf, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, Heidelberg 8. 11. 99
Küster, Ernst, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Berlin 4. 11. 91
Küttner, Hermann, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Breslau (8. 2. 05)
**Leitz, Ernst,* jun., Dr. phil. h. c., Wetzlar 23. 10. 18
Löning, Fritz, Dr. med., Prof., Chefarzt am Krankeukaus in Altona 9. 7. 13
Loewi, Otto, Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Graz . . (15. 5. 01)
Lotz, Heinrich, Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . (13. 12. 99)
Matthes, Max, Dr. med., o. Professor der i neren Medizin, Geh. Med.-Rat, Königsberg 28. 6. 11
Meisenheimer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Leipzig 5. 8. 08
(16. 2. 98)
**Mense, Karl,* Dr. med., Professor, Cassel 23. 10. 18
Meyer, Hans, Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Wien . 11. 3. 85
Misch, Georg, Dr. phil., o. Professor der Philosophie, Göttingen . (30. 7. 13)
v. Müller, Friedrich, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, München 26. 7. 93
Neide, Ernst, Major a. D., Dr. phil., Allstedt, Sachsen-Weimar . (13. 1. 04)
Noll, Alfred, Dr. med., a. o. Professor der Physiologie, Jena . . (16. 2. 98)
Obst, E., Dr. phil., a. o. Professor der Geographie, Breslau . . . (13. 11. 12)
Oestreich, Karl, Dr. phil., o. Professor der Geographie, Utrecht . (9. 3. 04)
Opitz, Erich, Dr. med., Prof., Direktor der Frauenklinik, Gießen . (13. 1. 04)
Pfannkuch, Wtlhelm, Dr. med., prakt. Arzt, Cassel . . . . . (17. 1. 72)
Plate, Ludwig, Dr. phil., o. Professor der Zoologie, Jena . . . (27. 1. 88)
Plenge, Enriquez, Dr. med., Heidelberg . . . . (7. 3. 99)

Ransom, Frederick, Dr. med., Cambridge . . . . (7. 3. 99)
Rathke, Bernhard, Dr. phil., Professor der physik. Chemie, Meran 14. 3. 84
**Rehn, Joh. Heinrich,* Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M. . . . 26. 11. 80
Romberg, Ernst, Dr. med., o. Professor der inn. Medizin, München 20. 6. 00
**Roser, Wilhelm,* Dr. phil., Professor, Höchst 23. 10. 18
Rost, Eugen, Dr. med., Regierungsrat, Berlin . . . . (16. 2. 98)
Rubner, Max, Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Med.-Rat, Berlin 13. 1. 86
Rühl, Alfred, Dr. phil., a. o. Professor der Geographie, Berlin . (28. 7. 09)
Rumpf, Theodor, Dr. med., Professor, Bonn 14. 3. 90
Rupp, Erwin, Dr. phil., o. Professor für Pharmazie, Königsberg . (14. 12. 04)
Ruppel, Wilhelm, Dr. phil., Professor, Höchst . . . . (18. 7. 00)
Sauerbruch, Ferdinand, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, München . . . . (7. 6. 10)
Schaum, Karl, Dr. phil., o. Professor der physik. Chemie, Gießen 13. 12. 05
(11. 8. 97)
Schenck, Rudolf, Dr. phil., o. Professor der Chemie, Geh. Reg.-Rat, Münster . . . . (11. 8. 97)
Schmidt, Martin, Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie, Würzburg 28. 6. 11
Schöne, Georg, Dr. med., Privatdozent für Chirurgie, Greifswald (7. 6. 10)
Schottelius, Max, Dr. med., o. Professor der Hygiene, Hofrat, Freiburg i. B. . . . . (11. 7. 79)
Schottky, Friedrich, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Geh. Reg.-Rat, Berlin 15. 5. 95
Schridde, Hermann, Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Dortmund . . . . (13. 12. 05)
Seddig, Max, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Physik, Frankfurt a. M. . . . . (17. 6. 03)
Siemens, Friedrich, Dr. med., Geh. Med.-Rat, Direktor der Landes-Irrenanstalt Lauenburg i. P. . . . . (19. 12. 79)
Stoeckel, Walter, Dr. med.. o. Professor, Direktor der gynäkolog. Klinik, Kiel . . . . (5. 8. 08)
Strahl, Hans, Dr. med., o. Professor der Anatomie, Gießen . . . 27. 1. 88
(14. 12. 80)
Straub, Walther, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Freiburg (13. 12. 05)
Study, Eduard, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Bonn . . (14. 3. 90)
Uthoff, Wilhelm, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau 4. 11. 91
**Vogt, Heinrich,* Dr. med., Professor, Wiesbaden 23. 10. 18
Wegener, Alfred, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Meteorologie und Astronomie, Hamburg 12. 5. 15
(28. 7. 09)
Wendel, Walther, Dr. med., Professor, Direktor des städtischen Krankenhauses, Magdeburg-Sudenburg . . . . (12. 2. 02)
Wernicke, Erich, Dr. med., Professor, Direktor des hygienischen Instituts in Posen 16. 2. 98
(10. 2. 97)
**Wortmann,* Geh. Rat, Professor Dr., Geisenheim 23. 10. 18
Ziegenbein, Hans, Dr. phil., Vorsteher des Nahrungsmittelamts, Stralsund . . . . (14. 5. 02)

Durch den Tod hat die Gesellschaft verloren:

von den ordentlichen Mitgliedern:

Richarz, Franz, Dr. phil., o. Professor der Physik, Geh. Reg.-Rat 15. 5. 01

von den korrespondierenden Mitgliedern:

Börsch, Anton, Dr. phil., Geh. Rat, Homberg a. d. Efze 23. 10. 18

von den auswärtigen Mitgliedern:

Pfeffer, Wilhelm, Dr. phil., o. Professor der Botanik, Geh. Hofrat, Leipzig . . . . (27. 4. 71)

Ribbert, Hugo, Dr. med., o. Prof. der patholog. Anatomie, Geh. Rat, Bonn 20. 6. 00

Der Vorstand.

F. Hofmann, Vorsitzender. *F. A. Schulze,* ständiger Schriftführer.
A. Thiel, Schatzmeister. *R. Wedekind,* Schriftenleiter.

Engerer Ausschuß.

F. Richarz, stellvertr. Vorsitzender. *F. Tuczek.* *Gadamer.* *Thiel.*

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg

Nr. 1 März 1920

In der Sitzung vom 30. März hielt Herr A. Thiel den Vortrag:

Ueber Disglomeration, eine neue Art von Umwandlung regulinischer Metalle (mit Demonstrationen).

A. *Einleitung.*

Beim Durchmustern der Literatur der Kriegsjahre stieß ich auf Mitteilungen von H. Heller[1]) und von E. Cohen und W. D. Helderman[2]), in denen Zerfallserscheinungen am Blei, die auf die Bildung einer allotropen Modifikation dieses Metalls zurückgeführt werden, beschrieben und näher untersucht werden. Hiernach liegt der Fall des Bleis ganz ähnlich wie der des weißen und grauen Zinns, nur mit dem Unterschiede, daß die Umwandlungstemperatur sehr merklich über Zimmertemperatur liegen soll, weshalb die Umwandlung des gewöhnlichen, kompakten, durch Erstarren aus dem Schmelzflusse gewonnenen Bleis in die bröckelige, allotrope Modifikation schon bei Zimmertemperatur mit recht ansehnlicher Geschwindigkeit erfolgt. Als bestes Mittel zur Auslösung dieser Umwandlung wird das Einbringen gewöhnlichen Bleis in eine angesäuerte Bleinitratlösung oder in eine mit etwas Salpetersäure versetzte Lösung von Bleiacetat bezeichnet; aber auch in Lösungen von Bleichlorid oder von Bleiacetat allein soll die Umwandlung erfolgen, wenn auch sehr viel langsamer. Chemische Reaktionen zwischen dem Blei und der Lösung sollen nicht in Frage kommen. Die physikochemische Untersuchung stützt sich auf Messungen der Dichten und der Volumänderung bei der Umwandlung. Auffälligerweise konnte die im Falle des Zinns so charakteristische Impfwirkung der stabilen Modifikation auf die instabile nicht beobachtet werden. Durch das Auftreten einer bei Zimmertemperatur stabilen allotropen Form des Bleis würde die schon seit längerer Zeit bekannte[3]), aber bisher noch unerklärte Tatsache verständlich werden, daß kompaktes Blei aus Lösungen

1) Zeitschr. f. physik. Chem. **89**, 761 (1915).
2) Ebenda S. 733.
3) J.-B. Senderens, Bull. soc. chim. [3] **11**, 424 (1894).

seines Nitrats Blei in Gestalt bleibaumartiger Gebilde ausscheidet, gleichsam als ob es ein unedleres Metall wäre.

Die experimentelle Leichtzugänglichkeit der geschilderten Erscheinung bewog mich, diesen Fall als Beispiel einer allotropen Umwandlung für meine Vorlesung zu verwenden. Dabei ergaben sich aber unvorhergesehene Schwierigkeiten und höchst merkwürdige Abweichungen von demjenigen Verhalten des in Rede stehenden Systems, das nach den Feststellungen der eingangs genannten Autoren und aufgrund der Erfahrungen mit anderen Allotropiefällen zu erwarten gewesen wäre. Hierdurch wurde ich zu einer näheren Beschäftigung mit diesem Gegenstande veranlaßt, die sich infolge der Langsamkeit der in Betracht kommenden Reaktionen von Juli 1919 bis zur Gegenwart hinzog. Nun ist es allerdings im allgemeinen nicht üblich, Untersuchungen auf fremdes Arbeitsgebiet auszudehnen; jedoch ist die von Cohen und Helderman in ihrer von Oktober 1914 datierten Arbeit für „bald" angekündigte eingehendere Untersuchung der verschiedenen Modifikationen des Bleis und ihrer Stabilitätsgebiete bis heute nicht erschienen, vielmehr inzwischen von anderer Seite über dieses Gebiet gearbeitet worden [1]). Vor allem aber bewegen sich meine Versuche in ganz anderer Richtung und führen auch zu Ergebnissen, die von denen der ersten Bearbeiter der Erscheinung vollkommen abweichen. So halte ich mich denn zu der nachfolgenden Mitteilung meiner Versuchsergebnisse für berechtigt.

Von Tatsachen, die Zweifel an der Richtigkeit der von Heller wie von Cohen und Helderman ausgesprochenen Auffassung vom Wesen der Bleiumwandlung erwecken mußten, sind vor allem zwei zu nennen:

1. Die Umwandlung des Bleis erfolgt (entgegen der Angabe der genannten Autoren) ausschließlich in nitrathaltigen Lösungen.
2. Reinigt man das in deutlicher Umwandlung begriffene Blei durch Waschen mit Säure vorsichtig von dem aus basischen Salzen bestehenden Ueberzuge, der sich bei längerem Verweilen in nitrathaltigen Lösungen vielfach bildet und die Umwandlung schließlich unterbrechen kann, und bringt das nunmehr blanke, teilweise zerfallene Metall in eine nitratfreie, angesäuerte Bleisalzlösung, so schreitet die Umwandlung in dieser nicht fort, sondern beharrt in dem Stadium, das sie bei der Entfernung aus der Nitratlösung erreicht hatte.

---

1) E. Jänecke, Zeitschr. f. physik. Chem. 90, 313 (1915).

Diese sich bereits bei einigen orientierenden Handversuchen unverkennbar aufdrängenden Beobachtungen forderten zu einer gründlichen Neubearbeitung des in Rede stehenden Falles heraus. Die Untersuchung richtete sich vornehmlich auf die Beantwortung folgender Fragen:

1. Welche Rolle spielt das Nitrat bei der Umwandlung des Bleis?
2. Welches ist die Natur des metallischen Reaktionsproduktes?
3. In welcher Weise findet bei der veränderten Sachlage die „Bleibaumfrage" ihre Erledigung?

B. *Versuchsergebnisse.*

Das zu den Versuchen benutzte Bleimaterial war teils technisches Weichblei (Wasserleitungsrohr), teils ein Originalpräparat von Kahlbaum (wie es auch Cohen und Helderman benutzt hatten). Das technische Metall wurde analysiert und erwies sich als sehr rein. In etwa 15 g konnte keine der sonst üblichen Verunreinigungen auch nur qualitativ nachgewiesen werden mit Ausnahme von Eisen, dessen Menge zu rund 0,005 % bestimmt wurde. Das Metall wurde in etwa 4 mm dicke Platten gegossen, die dann nach Bedarf in Streifen geschnitten wurden. Beim Erstarren wurde das Blei teilweise mit kaltem Wasser abgeschreckt. Ein grundsätzlicher Unterschied im Verhalten des abgeschreckten von dem des nicht abgeschreckten Metalls ergab sich jedoch nicht.

Die Bleisalzlösungen, mit denen das Metall behandelt wurde, waren in den meisten Fällen der von Heller benutzten Lösung entsprechend zusammengesetzt, sodaß vergleichbare Versuchsbedingungen vorlagen. Die „Hellersche Lösung" ist eine ungefähr 1 molare Bleiacetatlösung, die außerdem für Salpetersäure etwa 0,4 normal ist; sie enthält im Liter demnach 0,8 Mole Bleiacetat, 0,2 Mole Bleinitrat und 0,4 Mole Essigsäure. Sonstige Bleisalzlösungen wurden daher im allgemeinen ebenfalls 1 molar für Bleisalz und 0,4 normal für Säure gemacht. In den meisten Fällen wurden 8—10 g Blei in 10 cm^3 Lösung eingebracht.

Die Zahl der Einzelversuche, die teilweise zu Reihen von je 10 bis 20 gleichartigen und gleichzeitigen Versuchen zusammengefaßt wurden, betrug etwa 150; grundsätzliche Abweichungen im Verhalten einzelner Versuchsobjekte von anderen gleichartig behandelten wurden niemals beobachtet. In den Reihenversuchen wurde immer die Hälfte der Bleiproben vor der Behandlung mit der Versuchslösung oberflächlich mit verdünnter Salpetersäure abgeätzt, während die übrigen Proben ihre ursprüngliche Gußoberfläche behielten; auch hieraus ergab sich aber kein grundsätzlich verschiedenes Verhalten. Das Kahlbaumsche Blei scheint

zunächst etwas langsamer zu reagieren als das technische Metall; doch wurden exakte Messungen in dieser Richtung nicht angestellt.

Die Temperatur schwankte in den Herbstmonaten um 18° herum und sank im Dezember und Januar infolge des Mangels an Heizmaterial zeitweise fast bis auf 0°. Bei den tieferen Temperaturen war die Verlangsamung der Reaktion unverkennbar. In den letzten Monaten konnte bei regelmäßiger Heizung im Mittel wieder Zimmertemperatur (18°) innegehalten werden.

Folgendes sind die Versuchsergebnisse.

1. Die Bedeutung des Nitrats für die Umwandlung des Bleis.

Bei Verwendung von Hellerscher Lösung sowie von Bleinitratlösung, die mit Salpetersäure oder Essigsäure angesäuert war, vollzog sich die Umwandlung im wesentlichen in der schon von Heller beschriebenen Weise. Ihre Geschwindigkeit erschien jedoch geringer, wohl deswegen, weil ich mit relativ wenig Lösung arbeitete. Die Umwandlung kam in vielen Fällen schließlich zum Stillstande, weil sich das Blei mit einer schützenden Kruste basischer Salze überzog. Die Einwirkung der Luft (und namentlich wohl ihres Kohlendioxydgehaltes) scheint dabei eine gewisse Rolle zu spielen; denn das Blei blieb in Hellerscher Lösung (in der das Phänomen etwas weiter verfolgt wurde) stets blank und verfiel daher schließlich vollkommener Umwandlung, wenn die Lösung nur durch eine ausreichend dicke Schicht von Natronkalk mit der Außenluft in Verbindung stand.

Daß ein Gehalt der Lösung an Nitrat Vorbedingung für den Beginn der Umwandlung des Bleis ist, erhellt aus der Beobachtung, daß bei Verwendung nitratfreier Lösungen in keinem einzigen Falle Umwandlung eintrat. Zu dieser Untersuchung dienten Lösungen, welche das Acetat, Perchlorat, Chlorid, Silicofluorid und Nitrit des Bleis neben der entsprechenden Säure (außer im Falle des Nitrits) enthielten. Acetat und Perchlorat wurden mit demselben negativen Ergebnis auch bei 100° angewandt. Nun könnte allerdings in manchen dieser Lösungen, wie insbesondere in der des Nitrits und Acetats wegen geringer Ionenspaltung, in der des Chlorids wegen zu kleiner Gesamtkonzentration, die Umwandlung infolge zu geringer Bleiionenkonzentration vielleich besonders träge verlaufen (bei Vorhandensein etwaiger katalytischer Beschleunigung durch Bleiion). Dieser Erklärungsversuch versagt aber im Falle des Perchlorats, da dieses nach weiter unten mitzuteilenden Versuchen bei gleicher Konzentration noch stärker ionisiert ist als das Nitrat. Diese Erfahrungen

führen also mit zwingender Notwendigkeit zu dem Schlusse, daß ein Gehalt an Nitrat[1]) für den Beginn der Umwandlung notwendig ist.

Daß die Gegenwart von Bleiion für den Beginn der Umwandlung unbedingt erforderlich ist, hat Heller vermutet. Meine Beobachtungen sprechen jedoch dagegen: auch bleifreie Nitratlösungen sind wirksam. So verfällt z. B. Blei auch in Lösungen von Kaliumnitrat, die mit Essigsäure versetzt sind, schließlich derselben Umwandlung. Es ist jedoch nicht zu verkennen, daß die Reaktion hier mit großer Verzögerung beginnt, ja in einzelnen Fällen erst nach Monaten erkennbar wird; setzt sie aber erst einmal deutlich ein, dann geht sie auch in normaler Weise zu Ende. Da sich nun im Verlaufe der Reaktion des Bleis mit der ursprünglch bleifreien Lösung in dieser Bleisalz in steigender Konzentration bildet (siehe weiter unten), würde die tatsächlich beobachtete augenscheinliche Beschleunigung der Umwandlung bei fortschreitendem Verlaufe zu der Annahme führen, daß Bleiion bzw. Bleisalz (oder zum mindesten das während der Umwandlung entstehende besondere Bleisalz) die Reaktion beschleunigt. Man könnte hier allerdings auch an eine Katalyse durch das Nitrit denken, das bei der Wechselwirkung zwischen Blei und Nitratlösungen entsteht, wie noch ausgeführt werden wird. Eine solche Katalyse scheint aber nicht vorzuliegen; denn ein Zusatz von Kaliumnitrit zu der bleifreien Ausgangslösung erwies sich als praktisch unwirksam.

Die Gegenwart von Nitrat ist aber nicht nur für den Beginn, sondern auch für den Fortgang der Umwandlung des Bleis notwendig. Spült man nämlich bereits teilweise umgewandeltes Blei ab, behandelt es zu weiterer Reinigung mit verdünnter Essigsäure oder Ueberchlorsäure und bringt es nach erneutem Waschen mit Wasser in eine angesäuerte Lösung von Bleiacetat oder Bleiperchlorat oder auch in Säurelösung allein, so ist selbst nach mehreren Monaten kein Fortschritt der Umwandlung erkennbar; der bereits erreichte Umwandlungszustand bleibt unverändert erhalten, d. h. noch blanke Stellen bleiben blank, rauhe, bereits zerfallene bleiben in diesem Zustande. Bringt man aber so behandelte Bleistücke wiederum in nitrathaltige Lösung, so schreitet die Umwandlung in der gewöhnlichen Weise weiter fort und geht zu Ende.

Aus allen diesen Beobachtungen geht zweifelsfrei hervor, daß Blei gerade mit Nitrat in Lösung zusammentreffen muß, wenn die Umwandlung des Metalls einsetzen und bis zum Ende fortschreiten

---

1) oder an einem andern gleichartig wirkenden Stoffe (s. weiter unten).

soll. Wir haben also in dem Zerfall des Bleis die Wirkung einer besonderen Reaktion zwischen Blei und Nitrat vor uns.

Nun ist schon seit längerer Zeit bekannt[1]), daß Blei mit Lösungen seines Nitrats unter Bildung von Bleinitrit reagiert. Die Reduktion des Nitrats zu Nitrit verrät sich schon äußerlich durch das Auftreten der für das Bleinitrit charakteristischen pomeranzengelben Farbe. Nebenher vollziehen sich augenscheinlich tiefergreifende Reaktionen, da sich auch Gase (Stickoxyd und selbst Stickstoff) entwickeln. Beides ist sowohl Heller als auch Cohen und Helderman entgangen, vermutlich deswegen, weil sie relativ viel Lösung anwandten, sodaß die Verfärbung nicht in die Augen fiel und die Gasentwicklung nicht bis zur Sättigung der ganzen Lösungsmenge gedieh. Daß sie die auch in die Handbuchliteratur übergegangene chemische Reaktion zwischen Blei und Bleinitrat gänzlich übersehen konnten und ihr Vorhandensein sogar ausdrücklich in Abrede stellen, ist freilich nicht recht verständlich. Die Gewichtsabnahme, welche das Metall infolge dieser Reaktion erfährt, ist schon bei mehrtägigem Verweilen in Hellerscher Lösung sehr deutlich: ich habe bis zum Beginn des Zerfalls Abnahmen bis zu etwa 0,6 g auf rund 9 g Blei festgestellt. Noch weit rascher verläuft die Reaktion zwischen Blei und Bleinitrat (Hellerscher Lösung) bei höherer Temperatur, bei 100° z. B. unter geradezu stürmischer Gasentwickelung und Zersetzung auch des Bleinitrits.

Damit erklärt sich der grundsätzliche Gegensatz zwischen dem Verhalten des Bleis gegen nitrathaltige und dem gegen nitratfreie Lösungen sehr einfach in dem Sinne, daß das Metall eben nur mit den ersteren chemisch reagiert. Das heißt also: die Umwandlung des Bleis in die bröckelige und schließlich pulverige Form beruht auf einem chemischen Angriff des Bleis durch gelöstes Nitrat.

Es war nun zu erwarten, daß in ähnlicher Weise auch andere Reagentien wirken würden, mit denen Blei nicht zu schnell, aber unter glatter Auflösung reagiert. Gerade beim Blei ist man aber in dieser Hinsicht recht beschränkt, weil Reaktionen, bei denen schwerlösliche Verbindungen entstehen, natürlich von vornherein ausscheiden. Dagegen erschien eine entsprechende Wirkung des elektrolytischen Angriffs auf eine Anode aus gegossenem Blei wahrscheinlich. Der Versuch, bei dem eine angesäuerte Bleiperchloratlösung zwischen Bleielektroden unter Zwischenschaltung eines sehr engen Elektrolytenquerschnittes elek-

1) J.-B. Senderens, Compt. rend. **104**, 504 (1887).

trolysiert wurde (10 Volt, 0,01 Ampere, Versuchsdauer 4 Wochen, Zimmertemperatur), ergab Zerfressungserscheinungen an der Anode, die durchaus den Frühstadien der Bleiumwandlung in nitrathaltiger Lösung ähnelten. Zu völligem Zerfall in Pulver kam es hierbei freilich nicht, vermutlich deshalb, weil hier die selbsttätige Verlegung der Strombahn nach den jeweils am meisten hervortretenden Stellen der Elektroden nivellierend in Wirkung tritt. Immerhin hatte sich auch hier eine ansehnliche Menge Bleipulver (der bekannte „Anodenschlamm") gebildet. Auch im Falle des elektrolytischen Angriffs unterblieb weiterer Zerfall der Anode nach Beseitigung der Angriffsursache, d. h. nach dem Oeffnen des Stromes, obwohl die Anode in Berührung mit dem Elektrolyten drei Monate lang stehen blieb.

Unter der Einwirkung gelösten Nitrats erfährt das ursprünglich kompakte Blei eine Umwandlung in eine Art schwammiger Masse; diese besteht aus zahlreichen einzelnen Brocken, die durch Risse und Löcher von einander getrennt erscheinen, schließlich ganz den gegenseitigen Zusammenhalt verlieren und namentlich bei Erschütterungen als grobes Pulver zu Boden fallen. Die Betrachtung des in Umwandlung begriffenen Bleis mit bewaffnetem Auge läßt über diesen Sachverhalt keinen Zweifel. Darauf, daß die nitrithaltige Lösung tief in diese Risse eindringt und sich darin auch bei fortgesetztem oberflächlichem Abspülen hartnäckig hält, ist die anfangs schwer verständliche Erscheinung zurückzuführen, daß das angegriffene Blei nach dem Abwaschen beim Einbringen in verdünnte Säure noch lange Zeit Gasentwickelung zeigte. Diese ist natürlich die Folge der Zerlegung des noch in den Spalten sitzenden Nitrits durch die allmählich eindringende Säure.

2. Die Natur des metallischen Umwandlungsproduktes.

Nach Heller und Cohen-Helderman soll das Pulver, in das sich das kompakte Blei unter der Einwirkung von Nitratlösungen verwandelt, aus einer besonderen allotropen Modifikation des Bleis bestehen. Eine bestimmte Gleichgewichtstemperatur für die beiden allotropen Formen wurde von Cohen und Helderman nicht ermittelt; die Ergebnisse ihrer darauf gerichteten Bemühungen sind noch nicht eindeutig. Dagegen fand Jänecke einen Umwandlungspunkt bei etwa 60°. Daß die Umwandlungserscheinung beim Blei ein ganz anderes Bild darbietet als die Verwandlung des weißen Zinns in graues, darf nicht wunder nehmen; denn allotropes Blei ist nach Cohen und Helderman dichter als gewöhnliches Blei, graues Zinn aber weniger dicht als weißes

Zinn. Der Bleizerfall erfolgt danach also unter Zusammenziehung, der Zinnzerfall unter Ausdehnung. Aus der äußerlichen Verschiedenheit der beiden Fälle ließe sich mithin kein Einwand gegen die Auffassung des Bleizerfalls im Sinne einer allotropen Umwandlung herleiten.

Dagegen führen anderweitige Beobachtungen zur Verwerfung der Allotropieauffassung, mit der ja auch die im Abschnitt 1 mitgeteilten Erfahrungen unvereinbar erscheinen.

Betrachtet man in den Anfangsstadien der Umwandlung begriffenes Blei unter mäßiger Vergrößerung, so erkennt man ganz deutlich, daß die mechanische Auflösung des kompakten Metalls nicht zu beliebig feiner Zerteilung führt, sondern nur zu Körnern (oder Blättern) von immerhin beträchtlicher Größe, zwischen denen die schon erwähnten, anfangs sehr feinen, im Verlaufe der Erscheinung sich merklich verbreiternden Risse klaffen. Die Körner selbst sehen anderseits durchaus kompakt und homogen aus. Untersucht man das zu Boden gefallene Pulver mikroskopisch, so findet man, daß es aus eben diesen Körnern in isoliertem Zustande besteht. Ihre Form ist polyedrisch mit mehr oder weniger deutlicher Abrundung der Begrenzungselemente; eine ausgesprochene Krystallform ist nicht zu erkennen. Das ganze Bild spricht entschieden gegen die Entstehung einer neuen allotropen Modifikation, die doch zumindest im Anfange in Form feinster Krystallkeime auftreten müßte, macht es vielmehr überaus wahrscheinlich, daß die Körner Gebilde sind, die schon im kompakten Blei fertig vorlagen und nur durch den chemischen Prozeß zwischen dem Metall und der Nitratlösung isoliert worden sind. Das Verhalten des zerfallenen Bleis gegen frische Nitratlösung ist, soweit die qualitative Beobachtung das festzustellen gestattete, so, wie nach Vorstehendem zu erwarten: das Bleipulver wirkt ebenfalls, und zwar relativ rasch, reduzierend auf die Nitratlösung; die einzelnen Körner werden aber einheitlich angegriffen, erfahren also keinen weiteren Zerfall in feinere Strukturelemente.

Ein zweiter Einwand gegen die Allotropieauffassung des Bleizerfalls erwächst aus den Erfahrungen mit dem Einflusse der Temperatur auf das Umwandlungsphänomen. Oben war bereits davon die Rede, daß die Reduktion des Nitrats durch Blei bei höherer Temperatur wesentlich energischer verläuft, was ja nicht weiter verwunderlich ist. Hand in Hand damit geht aber auch bei 100° — also 40° über dem Umwandlungspunkte nach Jänecke — eine starke Beschleunigung des Bleizerfalls, sodaß Bleistücke bei 100° in etwa ebensoviel Tagen in Pulver umgewandelt werden können, wie Monate bei Zimmertemperatur dazu erforderlich sind. Nur muß man hierbei die Lösung mehrfach er-

neuern und gleichzeitig das Metall durch Behandeln mit verdünnter Säure von den gebildeten basischen Salzen reinigen. Da unter diesen Umständen von einer Umwandlung des kompakten Bleis in die hier ja instabile allotrope Modifikation natürlich nicht die Rede sein kann, so ist allein schon durch das Verhalten des Bleis bei 100° bewiesen, daß der Zerfall des Metalls mit dem etwaigen Vorhandensein einer zweiten, allotropen Modifikation nichts zu tun hat. Dagegen ist auch bei 100° das Vorhandensein von Nitrat notwendige Vorbedingung des Bleizerfalls. Lösungen von Perchlorat und Acetat des Bleis erwiesen sich auch hier trotz mehrtägiger Versuchsdauer als völlig wirkungslos. Da nun anderseits bei positiver Reaktion einer Lösung mächtige Förderung der Umwandlung durch Temperaturerhöhung beobachtet worden ist, bestätigen die Versuche mit Perchlorat und Acetat bei 100° indirekt das negative Ergebnis mit diesen Bleisalzen bei Zimmertemperatur.

Endlich sprechen auch die elektromotorischen Beziehungen gegen das Vorhandensein von Allotropie beim zerfallenen Blei. Bestände dieses aus der vermuteten besonderen Modifikation, dann müßte es unterhalb der Umwandlungstemperatur edler, oberhalb davon unedler als kompaktes Blei und nur bei der Umwandlungstemperatur selbst im elektromotorischen Verhalten mit kompaktem Blei identisch sein. Im Falle des Zinns ist dieses Verhalten der beiden Modifikationen tatsächlich beobachtet worden. Beim Blei ließ sich nun aber nichts dergleichen feststellen. Bleipulver, durch Umwandlung von technischem Blei unter Hellerscher Lösung bei Zimmertemperatur gewonnen, wurde gegen dasselbe Blei in kompaktem Zustande unter molarer Bleiperchloratlösung gemessen. Bei Zimmertemperatur konnte überhaupt keine Potentialdifferenz zwischen beiden Metallelektroden auch bei tagelangem Stehen gemessen werden. Die etwaige elektromotorische Kraft dieses galvanischen Elementes müßte jedenfalls noch wesentlich geringer sein als 0,0001 Volt[1]). Ein so kleiner Wert würde aber mit der augenscheinlich doch bedeutenden Tendenz zur Umwandlung bei Zimmertemperatur (etwa 40° unter dem Umwandlungspunkte) in Widerspruch stehen, wie der Vergleich mit den Erfahrungen beim Zinn (bei 0°, also 20° unter dem Umwandlungspunkte, 0,0015 Volt) lehrt. Dabei sprach die in Rede stehende Bleikette auf einseitige Aenderungen der Bleisalzkonzentration, die zur Prüfung vorgenommen wurden, sofort in richtiger Weise an.

---

1) Auf Grund der gleichen Beobachtung haben früher E. Cohen und K. Inouye — Z. f. physik. Chem. 74, 202 (1910) — die Allotropie bei zwei verschieden aussehenden Formen des elektrolytisch abgeschiedenen Bleis abgelehnt (vgl. auch den Abschnitt 3).

Aus diesen Beobachtungen ist zu schließen, daß das Material des zerfallenen Bleis mit dem des kompakten im wesentlichen identisch ist, die Verschiedenheit beider also nur eine solche der äußeren Form, nicht aber energetischer Art ist, was mit dem Wesen der Allotropie unvereinbar erscheint.

3. Die Bleibaumfrage.

Bei der Elektrolyse von Bleisalzlösungen scheidet sich das Metall an der Kathode je nach den Versuchsbedingungen in derben, spießigen Krystallaggregaten oder in blattartigen Gebilden ab. Beide Wachstumsformen werden als „Bleibaum" bezeichnet. An die Stelle der elektrolytischen Abscheidung kann auch die Ausfällung des Bleis durch ein unedleres Metall, wie Zink usw., treten.

Merkwürdigerweise bilden sich nun aber auch auf Blei selbst, das in geeignete Bleisalzlösungen gebracht wird, allmählich krystallinische Ausscheidungen von Blei, die äußerlich die charakteristischen Wachstumsformen des gewöhnlichen Bleibaums zeigen. Die erste Mitteilung über dieses unerwartete Phänomen rührt von J.-B. Senderens her[1]), der auch schon richtig erkannte, daß die Ausscheidung von Bleibaum durch Blei auf nitrathaltige Lösungen beschränkt ist. Ich kann diese Beobachtung vollkommen bestätigen. In keiner anderen Bleisalzlösung[2]) habe ich auch nur Andeutungen von Bleibaumbildung beobachtet, und eine Probe Bleinitritlösung, in der Bleibaum entstand, erwies sich als deutlich nitrathaltig. Senderens stand der von ihm beobachteten Tatsache ratlos gegenüber. Er vermutete in ihr allerdings eine Folge galvanischer Vorgänge, die z. B. bei den von A. Ditte und R. Metzner beschriebenen[3]) Metallabscheidungen eine so durchsichtige Rolle spielen (kurzgeschlossene Ionenkonzentrationsketten), fand aber keine Möglichkeit, etwas Entsprechendes im Falle des Bleis anzunehmen. Cohen und Helderman glauben nun die Lösung des Rätsels darin gefunden zu haben, daß gewöhnliches und allotropes Blei bei Zimmertemperatur nebeneinander unter derselben Bleisalzlösung nicht existenzfähig sind. Da gewöhnliches Blei bei Zimmertemperatur instabil sein soll, müßte es dann allerdings imstande sein, aus Bleisalzlösungen allotropes Blei, d. h. die stabile und mithin edlere Modifikation, auf sich niederzuschlagen. Das soll in der charakteristischen Form des Bleibaums geschehen. Die Erklärung des Bleibaum-

---

1) Bull. soc. chim. [3] **11**, 424 (1894).
2) einschließlich nitratfreier Bleinitritlösung.
3) Comp. rend. **117**, 691 (1893).

phänomens in diesem Sinne würde also verlangen, daß der auf Blei bei Zimmertemperatur gebildete Bleibaum aus allotropem Blei besteht. Unverständlich bleibt dann allerdings immer noch die auch von mir ausnahmslos bestätigt gefundene Tatsache, daß die Bleibaumbildung lediglich in nitrathaltigen Lösungen erfolgt. Es zeigt sich also auch hier dieselbe Ausnahmestellung des Bleinitrats unter den Bleisalzen, wie im Falle der Bleiumwandlung. Mithin schien die Sachlage noch keineswegs restlos geklärt, auch wenn man die Allotropie nach Heller und Cohen-Helderman anerkennen und zur Lösung der Bleibaumfrage heranziehen wollte.

Von wesentlicher Bedeutung für die Erkenntnis des wahren Sachverhaltes war nun die krystallographische Prüfung der verschiedenen Abscheidungsarten des Bleis. Herrn Kollegen O. Weigel, der liebenswürdigerweise diese Prüfung vornahm und damit der weiteren Untersuchung sichere Bahnen eröffnete, danke ich auch an dieser Stelle herzlich für seine freundliche Hilfe. Das Ergebnis war recht überraschend wegen seiner Einfachheit: sämtliche Abscheidungsarten des Bleis, als elektrolytischer Bleibaum in Spieß- und Blattform und ebenso auch als vermeintlich allotroper Bleibaum auf Blei (wiederum spießig oder blattartig) erscheinen krystallographisch identisch und bestehen aus regulären Bleikrystallen, die eine Kombination von Oktaeder und Würfel zeigen, genau wie das aus dem Schmelzflusse krystallisierende Blei. Damit fällt aber die Allotropieerklärung der Bleibaumbildung vollkommen in sich zusammen.

Dafür entstand nun die Frage, wie es denkbar ist, daß gewöhnliches Blei sich selbst aus der Lösung eines seiner Salze ausscheidet, d. h. also dieselbe Frage, um deren Beantwortung sich schon Senderens, jedoch vergeblich, bemüht hat. Hier bieten sich zwei Möglichkeiten der Erklärung. Entweder ist das Blei nicht elektrochemisch homogen, d. h. enthält Stellen, die unedler sind als ihre Nachbarschaft, oder in der Lösung bestehen Unterschiede der Bleiionenkonzentration. Die erstgenannte Möglichkeit, die an sich bei dem eisenhaltigen Blei nicht ganz von der Hand zu weisen wäre, wird hier durch die Feststellung ausgeschlossen, daß sich die Bleibaumbildung auf nitrathaltige Lösungen beschränkt. Somit bleibt nur die zweite Möglichkeit übrig.

Das Bild erschien nun noch weiter verwirrt durch die Verschiedenartigkeit der Bleibaumbildung je nach der Art der nitrathaltigen Lösung. In Hellerscher Lösung (viel Bleiacetat neben wenig Nitrat und Essigsäure) kam es nur in Ausnahmefällen (2 Fälle von rund 50) zur Entstehung eines Bleibaums. Er hatte hier

ausgesprochene Blattform und saß nur am oberen Ende des Bleistückes. Lösungen von Bleinitrat ohne Acetat, die mit Salpetersäure oder Essigsäure angesäuert waren, lieferten regelmäßig Bleibäume, die aber anscheinend wahllos an verschiedenen Stellen des Metalls in größerer Zahl auftraten, zunächst knollige oder spießige Ausbildung zeigten und erst im weiteren Verlaufe der Entwicklung mehr blattförmig wurden. Besonders schön waren die Bleibäume, die in der schon erwähnten nitrathaltigen, säurefreien Bleinitritlösung wuchsen.

Jedenfalls konnte kein Zweifel darüber bestehen, daß die zur Bleiabscheidung erforderlichen Unterschiede der Bleiionenkonzentration nur durch die nachgewiesene chemische Reaktion des Bleis mit dem gelösten Nitrat hervorgerufen werden konnten. Nun spielt sich diese Reaktion z. B. in der Hellerschen Lösung im wesentlichen wohl nach der Gleichung ab:

$$2\,Pb + Pb(NO_3)_2 + 4\,HC_2H_3O_2 = Pb(NO_2)_2 + 2\,Pb(C_2H_3O_2)_2 + 2\,H_2O$$

d. h. anstelle des Bleinitrats ist schließlich die dreifache Zahl von Molen eines Gemisches von Bleinitrit und Bleiacetat neben dem von Anfang an vorhandenen und unverändert gebliebenen Bleiacetat in der Lösung. Daß die Bleisalzkonzentration im Verlaufe der Reduktion des Bleinitrats beträchtlich zunimmt, lehrt unzweideutig die Beobachtung, daß die durch Bleinitrit gelb gefärbte Lösung sich als schwerere Schicht am Boden sammelt (die Versuche wurden meist in Reagensgläsern angestellt) und bei leichtem Schütteln starke Schlierenbildung mit der darüber liegenden noch unveränderten Lösung erkennen läßt. Umso weniger verständlich mußte es erscheinen, daß der Bleibaum sich gerade am oberen Ende des Metalls, also unter der verdünnteren Lösung, bildete. Der darin liegende Widerspruch ist aber nur scheinbar. Es kommt nämlich, wie bekannt, nicht auf die Salzkonzentration, sondern auf die Bleiionenkonzentration an. Diese ist aber in der unverbrauchten Hellerschen Lösung beträchtlich höher als in der durch die Reaktion mit dem Blei an Bleisalz konzentrierter gewordenen verbrauchten Lösung. Der Grund dafür liegt darin, daß Bleinitrat unter den gegebenen Konzentrationsverhältnissen augenscheinlich sehr viel stärker ionisiert ist als Bleiacetat und Bleinitrit. Messungen an Konzentrationsketten nach dem Schema Blei / Bleisalzlösung A / Kaliumnitratlösung gesättigt / Bleisalzlösung B / Blei lieferten den einwandfreien Beweis dafür. Die Ergebnisse sind in folgender kleinen Tabelle zusammengestellt. Setzt man das Potential des Bleis gegen molare Bleiperchloratlösung gleich Null, so sind die Potentiale von Blei gegen verschiedene Bleisalzlösungen:

Lösung	Potential (Volt)
Bleinitrat molar	+ 0,026
Bleiacetat molar	+ 0,063
Hellersche Lösung frisch	+ 0,051
Hellersche Lösung verbraucht (aus Bleiacetat und Bleinitrit zusammengemischt)	+ 0,061

Wie man sieht, ist Blei in allen diesen Lösungen gegen Blei in der Perchloratlösung negativer Pol[1]), d. h. die anderen Lösungen sind bleiionenärmer als die Perchloratlösung, am ärmsten die Acetatlösung. Zwischen der Elektrode mit frischer und der mit verbrauchter Hellerscher Lösung besteht nun eine Potentialdifferenz von 10 Millivolt in dem Sinne, daß bei geschlossener Kette sich Blei in der (bleiionenärmeren) verbrauchten Lösung auflöst und aus der (bleiionenreicheren) unverbrauchten Lösung abscheidet, d. h. wir haben hier genau das Verhalten, das zur Erklärung der Bleibaumbildung am oberen Ende des Metalls erforderlich ist. Ein Zusatz des relativ stark gespaltenen Bleinitrats zur Bleiacetatlösung macht diese bleiionenreicher; sein Verbrauch durch die Reaktion mit dem Blei führt wieder zu relativer Ionenarmut wie in reiner Bleiacetatlösung, weil das Bleinitrit anscheinend ein sehr schwacher Elektrolyt ist[2]).

Die Zahlenwerte der Tabelle geben zugleich auch Aufschluß darüber, warum zur Bleibaumbildung in Hellerscher Lösung anscheinend nur geringe, in acetatfreier Nitratlösung aber eine sehr ausgesprochene Neigung besteht: im ersteren Falle ist die treibende Ursache eine elektromotorische Kraft von höchstens 10 Millivolt, im letzteren aber von bis zu 40 Millivolt.

Was endlich die Frage angeht, warum sich in acetatfreien Nitratlösungen der Bleibaum über die ganze Oberfläche des Bleis wahllos verstreut bildet, so drängt sich die Vermutung auf, daß als Ursache für die Entstehung kurzgeschlossener Ionenkonzentrationsketten hier nicht nur Konzentrationsdifferenzen längs der Oberfläche des Bleis in Frage kommen, sondern auch (und vielleicht vornehmlich) diejenigen Konzentrationsdifferenzen, die sich zwischen der erst wenig veränderten Lösung in der äußeren Umgebung des Bleis und der in die entstandenen Risse eingedrungenen, dort stagnierenden und daher natürlich bald weitgehend verbrauchten Nitratlösung ausbilden. Als Bestätigung dieser Auffassung kann die Beobachtung dienen, daß sich Ansätze zur wahl-

1) Das ist der Sinn des positiven Potentialvorzeichens.

2) Genauere Untersuchungen an reinen Bleinitritlösungen, die bisher kaum bearbeitet worden sein dürften, sind beabsichtigt.

losen Bleibaumbildung auch dann zeigen, wenn die Nitratlösung durch einen Luftstrom dauernd energisch gerührt wird, Konzentrationsdifferenzen längs der Bleioberfläche mithin ausgeschlossen sind. Doch erfolgte unter diesen Bedingungen der Zerfall der Bleioberfläche so schnell, daß die Bleibaumansätze rasch wieder der Zerstörung anheimfielen.

Erwähnt sei noch, daß sich der Bleibaum auf Blei auch künstlich züchten läßt, wenn man eine Bleistange mit der unteren Hälfte in bleiionenärmere, mit der oberen in bleiionenreichere Lösung bringt und beide Lösungen durch einen um den Bleistab gewickelten Wattebausch trennt. Nimmt man unten die (schwerere) verbrauchte, oben die (leichtere) frische Hellersche Lösung, so bilden sich nach einiger Zeit am oberen Ende der Stange Bleibaumansätze. Auffälliger und weit rascher verläuft die Bleibaumbildung, wenn man äquimolare Lösungen von Bleinitrit (unten) und von Bleinitrat (oben) verwendet.

Die Bleibaumfrage darf also nunmehr als in dem Sinne gelöst gelten, daß sich Blei auf Blei in Form eines Bleibaums nur dann niederschlägt, wenn lokale Ionenkonzentrationsketten entstehen. Dazu ist aber, wenn die Lösung ursprünglich homogen war und auf konstanter Temperatur gehalten wird, nur in Gegenwart von Nitrat Gelegenheit, und darum beschränkt sich dieses Phänomen ausschließlich auf solche Lösungen.

C. *Die Disglomeration.*

Wie oben bereits ausgeführt, verwandelt sich das ursprünglich kompakte Blei unter der chemischen Einwirkung von nitrathaltigen Lösungen in eine von zahllosen Rissen und Löchern durchsetzte, schwammartig aussehende Masse und zerfällt schließlich in ein grobes Pulver. Die Allotropieauffassung dieser Veränderung sieht in der Entstehung der Risse usw. einen sekundären Vorgang als Folge der unter Volumverminderung verlaufenden allotropen Umwandlung des Metalls. Im Gegensatze dazu führen meine Beobachtungen zu der Folgerung, daß die Risse usw. primär gebildet werden, indem sich die Lösung auf dem Wege des chemischen Angriffs in das kompakte Blei einfrißt.

Regulinische, d. h. aus dem Schmelzflusse erstarrte Metalle bestehen bekanntlich aus zahlreichen krystallinischen Körnern (Krystalliten), zu denen die bei der Unterschreitung des Schmelzpunktes allenthalben in der Schmelze spontan auftretenden Krystallkeime heranwachsen. Sie sind im Innern des Metalls nicht durch natürliche Krystallflächen begrenzt, sondern durch diejenigen zufälligen Begrenzungselemente, die sich aus dem Zusammentreffen

der einzelnen Krystalle bei ihrem Wachstum ergeben. An der Grenze der Krystalliten häufen sich die niemals fehlenden Verunreinigungen, soweit sie nicht unter Mischkrystallbildung in die Krystalliten selbst übergehen, an und erstarren dort zusammen mit dem Rest des Grundmetalls zu einem sehr feinförmigen Krystallgemisch, dem Eutektikum. Dieses wird, wenn die Verunreinigungen reaktionsfähiger sind als das Grundmetall, durch chemische Agentien schneller angegriffen als die grobkörnige, homogene Substanz der Krystalliten. So wird sich denn auch im Falle des Bleis der chemische Angriff durch die nitrathaltigen Lösungen in erster Linie längs dem Eutektikum vollziehen, die Krystalliten somit auch von ihren inneren Grenzen her treffen und aus ihrem gegenseitigen Zusammenhange (eben durch das Eutektikum) lösen. So entstehen die Risse und Löcher, und so kommt die schließliche Isolierung der in sich homogenen Körner (eben der Krystalliten) zustande, in die das Blei zum Schlusse zerfällt. Der chemische Angriff beraubt das Konglomerat von Krystalliten, aus dem jedes regulinische Metall besteht, seines Bindemittels oder Kitts und bewirkt auf diese Weise den Zerfall des Konglomerats in seine präformierten Bausteine. Ich schlage für diesen eigenartigen, bisher nur in gewissen Fällen anodischer Metallauflösung als Nebenerscheinung beachteten [1]) Vorgang die Bezeichnung D i s g l o m e r a t i o n (Entkittung) vor.

Die soeben entwickelte Auffassung vom Wesen der Zerstörung des Gefüges regulinischer Metalle läßt sich auf verschiedenen Wegen auf ihre Richtigkeit prüfen. Einmal muß danach die Disglomeration ausbleiben, wenn einheitliche Krystalle einem zweckentsprechenden, d. h. nicht allzuschnellen chemischen Angriffe unterworfen werden. Diese Folgerung habe ich beim Blei vollkommen bestätigt gefunden. Behandelt man nämlich elektrolytischen Bleibaum, also ein loses Aggregat von Einzelkrystallen des Bleis, mit nitrathaltigen Lösungen, so zerfällt der Bleibaum allerdings ebenfalls, aber nur bis in die Einzelkrystalle, die ihrerseits wohl in Gestalt von Aetzgruben alle Anzeichen des erlittenen chemischen Angriffs, aber keine Spur von Disglomeration aufweisen. Bei der Einwirkung in der Hitze zeigt sich vollkommen das gleiche Bild wie in der Kälte.

Hieraus ergibt sich sogleich eine Möglichkeit, regulinisches, also disglomerierbares Metall vor der Disglomeration zu schützen. Das geschieht einfach durch Erzeugung eines möglichst feinkörnigen Ueberzuges aus dem gleichen, aber elektrolytisch niedergeschlagenen Metall. So läßt sich Blei durch Ueberziehen mit fein-

---

1) F. Foerster, Elektrochemie wässeriger Lösungen (2. Aufl.) S. 340 u.f.

körnigem elektrolytischem Blei (am besten nach dem Verfahren von Betts[1]) schützen. Diese Schutzwirkung tritt besonders auffällig in Erscheinung, wenn man ein Stück Blei, das nur zum Teil mit dem Schutzüberzug umkleidet ist, mit einer nitrathaltigen Lösung behandelt: der freie Teil verfällt der Disglomeration, während der geschützte Teil davon verschont bleibt.

Der zweite Weg zur Prüfung unserer Auffassung geht aus von der Ueberlegung, daß die Disglomeration eine sehr verbreitete Erscheinung sein, d. h. bei allen regulinischen Metallen auftreten muß, bei denen das Eutektikum vorwiegend leichter angreifbare Beimischungen des Grundmetalls enthält. Ich habe in dieser Richtung nur orientierende Versuche angestellt und dabei insbesondere gefunden, daß regulinisches Kupfer bei geeigneter Behandlung (mit ammoniakalischer Persulfatlösung) grundsätzlich dieselben Disglomerationserscheinungen zeigt, wie das Blei, wenn auch mit gewissen individuellen Besonderheiten. Nun existieren allerdings auch beim Kupfer verschiedene Modifikationen, sodaß man auch hier an die Wirkung oder zum mindesten Mitwirkung allotroper Umwandlungen denken könnte. Ein Fall, in dem diese Komplikation ausgeschlossen ist, müßte erst noch gefunden werden. Die technischen Schwierigkeiten liegen vornehmlich in der Auffindung eines geeigneten Angriffsmittels, das weder zu langsam noch zu rasch wirken darf. Bei Blei und Bleinitrat liegen augenscheinlich gerade besonders günstige Umstände vor. Die Untersuchung der Disglomerationserscheinungen mit Hilfe anderer Metalle und geeigneter Metalllegierungen ist in Aussicht genommen. Auch für nichtmetallische krystalline Massen, die aus dem Schmelzflusse erstarrt sind, muß man ein analoges Verhalten gegen lösende Agentien (im weitesten Sinne gefaßt) erwarten; auch auf solche Objekte soll die künftige Untersuchung ausgedehnt werden.

Endlich möge noch ein aus der praktischen Erfahrung hergeleiteter Einwand gegen die Allotropieauffassung der Bleiumwandlung an dieser Stelle angefügt werden. Blei steht ja in den allergrößten Mengen und durch lange Zeiträume in Gestalt von Akkumulatorenplatten mit Lösungen in Berührung, unter denen eine allotrope Umwandlung, wenn sie überhaupt vorkommt, schließlich doch wenigstens einmal hätte beobachtet werden müssen. Es ist aber nichts Derartiges bekannt geworden.

Offen bleibt nunmehr freilich die Frage, welche Bedeutung die (allerdings nicht völlig widerspruchsfreien) Ergebnisse der pyknometrischen und dilatometrischen Messungen von Cohen und

---

1) Aus saurer Silicofluoridlösung, die etwas Gelatine enthält; vergl. M. Schlötter, Galvanostegie, I. Teil, S 200 (Halle, Knapp, 1910).

Helderman besitzen. Von mehreren allotropen Formen, wie sie die genannte Forscher vermuten, findet sich in den Ergebnissen der Messungen von Jänecke keine Andeutung.

Eins geht aus meinen Versuchen jedenfalls als gesicherte Erkenntnis hervor: mit etwaiger Allotropie hat die von Heller aufgefundene Umwandlung des kompakten Bleis nichts zu tun.

D. *Zusammenfassung der Hauptergebnisse.*

1. Bei der Umwandlung des Bleis nach Heller spielt die Allotropie des Bleis nach Cohen-Helderman und Jänecke keine Rolle (wenn sie auch an sich existieren mag).
2. Der Bleizerfall nach Heller beruht auf Disglomeration, einer in weitem Umfange zu erwartenden Erscheinung, die vielfach auch der Bildung des Anodenschlammes zugrunde liegt.
3. Von Disglomeration werden nur regulinische Metalle betroffen.
4. Die Bleibaumfrage ist nunmehr gelöst und zwar im Sinne der Lokalelementtheorie; es handelt sich dabei aber nicht um Umwandlungselemente vom Zinntypus, sondern um kurzgeschlossene Ionenkonzentrationsketten.

Manuskript eingegangen am 31. 3. 1920.

Ueber Virenzperioden (Blüteperioden).

Von R. Wedekind.

Vorbemerkungen.

Die Fauna eines größeren Gesteinskomplexes besteht aus recht verschiedenartigen Organismen. Sie besteht aus schnell, langsam umwandelnden und scheinbar stabilen Elementen. Auf Grund der ersten Art von Elementen war es mir und meinen Schülern möglich, auch kleinere Gesteinskomplexe der devonischen und karbonischen Formation zu charakterisieren. Indem nun von den lokalen Verhältnissen abgesehen wurde, die ja nur Lager und Lagerfolgen lieferten, wurden die Zeitepochen, die durch die absolute Lebensdauer einer Art bestimmt waren, als Zeiteinheit aufgefaßt und als Zone bezeichnet.

Bei der weiteren Betrachtung dieses Gegenstandes mußte zweierlei auffallen: 1. Die schnelle Veränderung der wegen dieser Eigenschaft zur Zeitmessung benutzten Organismen im Gegensatz zu den übrigen Faunenelementen. 2. Die große Häufigkeit und weite Verbreitung dieser sich schnell umwandelnden Organismen. Dazu kam noch ein anderes Moment. Größere geologische Zeitabschnitte sind von alters her als einheitliche Epochen ausgeschieden, ohne daß man sich über die Gründe, die dazu führten, klar geworden wäre.

Hier mußten neuerdings weitgespannte Spezialuntersuchungen einsetzen, und es mußte versucht werden, die zuerst gefundenen Resultate in einen größeren Rahmen einzufügen.

Die Veränderlichkeit der Organismen.

Bei meinen früheren Untersuchungen bin ich von den beiden folgenden feststehenden Tatsachen ausgegangen, von denen ich hier besonders die erstere unterstreiche:

1. Die Organismen wandeln sich um. Die Fähigkeit, sich zu verändern, ist eine besondere Eigenschaft des Lebenden überüberhaupt.
2. Die Organismen sind angepasst, d. h. der Bau und die Funktion der Organismen steht in Uebereinstimmung mit dem Milieu.

Allem Anschein nach bietet das palaeontologische Material noch eine andere auffallende Tatsache. Verfolgt man nämlich einen grösseren Tierstamm über längere Zeitepochen hinweg, so zeigt sich, dass eine zunächst schwach vertretene und formenarme Tiergruppe von einem bestimmten Zeitpunkte an zu einer formenreichen und weitverbreiteten Tiergruppe wird, dann aber wieder vollkommen zu-

rücktritt oder ganz verschwindet. So treten unter den Foraminiferen im Karbon die Fusulinidae und im Alttertiär die Nummuliten dominierend hervor. Mögen die Nummuliten ausgestorben sein oder nicht, so steht doch soviel fest, dass die Descendenten der Nummuliten, ihr heutiges Vorhandensein angenommen, vollständig zurücktreten, dass die Nummuliten also eine Blüteperiode erlebt haben. Ebenso verhalten sich die Fusulinen. Ein weiteres Beispiel: De devonische Gattung Productella entfaltet sich im Karbon zur Familie der Productidae, die durch grosse Verbreitung, Häufigkeit und eine erstaunliche Formenfülle auffällt. Die Productidae verschwinden mit dem Ende der permischen Formation.

Auf Grund dieser und anderer weiterhin zu erwähnender Beispiele muss notwendigerweise der Begriff der Veränderlichkeit dahin modifiziert werden, dass die Organismen nicht nur veränderlich sind, sondern daß eine hohe Veränderlichkeit selbst eine periodische Erscheinung ist. Allem Anscheine nach wurden von uns zur Gliederung der devonischen und karbonischen Formation gerade diejenigen Organismen gewählt, die eine derartige Periode durchliefen.

Die Tatsache, dass verschiedene Abteilungen des Tierreichs nach einer Blüteperiode verschwinden, ist bereits wiederholt und von verschiedener Seite (z. B. besonders von Neumayr) betont. Man hat die formenarmen Perioden auf die Lückenhaftigkeit des fossilen Materials zurückzuführen gesucht, man hat die formenreichen Perioden durch Einwanderungen (z. B. Invasionstheorie Cuviers), das Zurücktreten grösserer Tiergruppen durch Abwanderungen in die Tiefsee oder durch Aussterben zu erklären versucht, die Tatsachen selbst aber nicht leugnen können.[1])

Meist hat man nur das Verschwinden oder Aussterben grösserer Tiergruppen als Problem behandelt. Aber nicht allein um das Verschwinden oder Aussterben handelt es sich, auch der Beginn blühender Tiergruppen ist von der gleichen Bedeutung.

Die Virenztheorie.

Die Anschauungen, die ich hinsichtlich unseres Problemes aus einem eingehenden Studium der devonischen Korallen, Brachio-

1) Ich erwähne z. B. auch W. K. Brooks (The foundations of Zoology, 1899). Er spricht von Zeitabschnitten größerer Variabilität. — Außerdem verweise ich auf den anregenden Artikel „Paläontologie“ von Pompeckj im Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Band VII, Seite 475, wo Pompeckj u. a. zum Beispiel sagt: „Aufblühen und Niedergang folgen einander.“ „Mit geringen Änderungen geht die Ammonitengattung † Lytoceras durch den Jura in die Kreide, hier spalten von ihr plötzlich eine ganze Anzahl verschiedener Nebenformen ab.“ — Nicht ohne Interesse sind auch Charles Deperets Ausführungen in dem Buch: „Die Umbildung der Tierwelt“. Vergleiche besonders Seite 148 ff. (Abschnitt Diskontinuierliche Reihen) und Seite 150 ff.

poden und der Ammonoidea gewonnen habe, fasse ich hier zum ersten Male zu einer Virenztheorie zusammen. Diese sucht lediglich die Art und Weise, den Gang der Veränderung der Organismen zu erfassen, indem sie feststellt,

> daß eine genetisch einheitliche Tiergruppe, welche während kürzerer oder längerer Zeitspannen nicht die Kraft oder Fähigkeit besaß, neue und stärker abweichende Formen hervorzubringen, zu einer bestimmten Zeit diese Fähigkeit und Kraft erlangt (virent wird). Die Organismen treten aus einer Periode der Invirenz in die der Virenz. Demnach ist die Entwicklung keine kontinuierliche, sondern eine periodische oder diskontinuierliche. Die Virenzperiode ist ebenso wie die der Invirenz von beschränkter Dauer.

Der Uebergang der invirenten Periode — untersucht an Orthidae und Strophomenidae — findet in der Weise statt, daß die Variationsbreiten der bislang invirenten Formen größer werden und die sich herausbildenden Varietäten in divergenter Richtung gleichsam büschelförmig auseinanderstrahlen. Damit wird gleichzeitig die erste Phase der Virenzperiode eingeleitet, die ich als *Phase der labilen Entfaltung* bezeichnen will. Die sich während dieser Phase herausbildenden Formenreihen und Gruppen sind durch zahlreiche Uebergänge miteinander verknüpft. Indem weiterhin die Bindeglieder ausfallen, bilden sich scharf getrennte Reihen heraus. Damit tritt die Entwickelung in die zweite Phase der Virenzperiode, die *Phase der stabilen Weiterentwicklung.*

Die verschiedenen Stämme, die sich so herausbilden, sind in ihrem Verhalten recht verschieden voneinander, indem die einen persistieren — bei geringer Umwandlung — die anderen früher oder später enden, also Terminalstämme darstellen. Innerhalb der Terminalstämme unterscheiden wir mit Bezug auf den persistierenden Hauptstamm zunächst praemature [1]) und stationäre Terminalstämme, das sind Terminalstämme, die gleichsam voreilig Merkmale herausbilden, welche im Hauptstamm erst viel später hervortreten, oder Terminalstämme, die auf dem Stadium der Vorfahren in allen oder einzelnen Charakteren stehen bleiben. Dazu kommen exzessive Terminalstämme, die sich in einer Eigenschaft übermäßig entwickeln, und regressive Stämme, die durch Rückbildung ausgezeichnet sind.

---

1) Prämature Terminalstämme (resp. Progression) setze ich nunmehr an Stelle von „pseudospontane Progression". H. Salfelds Ausführungen (Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, 1919) sind etwas schief, da ich unter diesem Begriff eine vorzeitige, erbliche Progression verstehe, wie meine Beispiele deutlich zeigen können.

Mit dem Ende der Terminalstämme ist die virente Periode abgeschlossen. Invirent gewordene Hauptstämme bleiben als spärliche Reste einer einst blühenden reichen Entfaltung übrig. Sie können früher oder später in eine weitere neue Virenzperiode eintreten.

Terminalstämme. Gegenüberstellung von zwei verschiedenen Anschauungen.

Ein geradezu klassisches Beispiel eines Terminalstammes bildet das unterdevonische Speriferen Genus Paraspirifer[1]) (manuscr.). Mit Beginn der Oberkoblenzzeit tritt Paraspirifer zum ersten Male hervor, wird dann häufiger und erreicht am Ausgange des Unterdevon ein Maximum der Häufigkeit, um dann scheinbar unvermittelt zu enden. Je mehr sich der für diesen Terminalzweig typische Charakter (Form und Höhe von Sinus-Wulst) herausgebildet, um so häufiger wird die Gattung.

Die Trilobitengattung Trinucleus stellt einen exzessiven Terminalstamm dar, dessen dem Genus Paraspirifer ganz gleiche Erscheinungsweise Oehlert ausführlich beschrieben hat. Trinucleus ist zunächst selten und erreicht an der Oberkante des Untersilur ein Maximum der Häufigkeit. Der Geologe hat zuerst nur das massenhafte Vorkommen derartiger Genera beachtet und so von „Cultrijugatusschichten" und „Trinucleussachichten" gesprochen. Die weiter fortschreitende Untersuchung zeigte dann, daß sich Trinucleus und Paraspirifer auch früher, aber seltener finden. Beispiele dieser Art der Entwicklung lassen sich heute bereits in großer Zahl anführen.

Die außerordentliche Häufigkeit der Endglieder von Terminalstämmen führe ich darauf zurück, daß diese einseitig und übermäßig spezialisierten Organismen auf ein bestimmtes Milieu eingestellt sind. Ist dieses Milieu zufällig vorhanden, so stellt es einen „Nährboden" dar, auf dem sie üppig gedeihen. Auch schon geringe Milieuverschiebungen oder Veränderungen müssen vernichtend auf die Organismen wirken, während andere Formen, die nicht so ausschliesslich auf ein bestimmtes Milieu eingestellt sind, eine derartige Milieuveränderung ohne Schaden überstehen. Sie sind eben noch plastisch. Mir scheinen aber auch innere Ursachen für das Aussterben von grösster Bedeutung zu sein. Doch soll dieses difficile Problem nicht aufgerollt werden.

Im Obersilur und im Mitteldevon treten neben Korallen mit vollständigen Septen (Cyathophyllum) häufig Korallen auf, deren Septen nur in einer Randzone (Actinocystis resp. Mesophyllum) oder vollkommen zurückgebildet sind (Cystiphyllum). Aus dem

1) = Gruppe des Spirifer cultrijugatus.

Unterdevon sind bisher Korallen dieses Baues nicht bekannt geworden. Entweder ist die Sachlage nun so, dass Mesophyllum und Cystiphyllum sich im Obersilur von Cyathophyllum abspalten und dann in die mitteldevonischen Korallen gleichen Baues übergehen — das Fehlen dieser Korallen im Unterdevon wäre dann lückenhafte Ueberlieferung —, oder aber so, dass aus silurischen Cyathophyllen ein mit Cystiphyllum noch im Silur endender Terminalzweig und im Mitteldevon, also nach einer invirenten Periode, aus devonischen Cyathophyllen in einer neuen Virenzperiode neuerdings mesophyllum- und cystiphyllumartige Formen hervorgingen.

Auf Grund einer eingehenden Studie habe ich dieses Problem zu lösen gesucht. Ich konnte zeigen, dass sich die devonischen Mesophyllen und Cystiphyllen unmittelbar und lückenlos an die devonischen Cyathophyllen resp. Ceratophyllen anschliessen, nicht aber an die silurischen Typen gleichen Baues.

In der gleichen Weise geht im Unterkarbon aus Zaphrentis Caninia und aus den Clisiophyllen Londsdalia hervor. Die Rückbildung der Septen ist also ein sich mehrfach wiederholender Vorgang.

Der Grad der Virenz.

Die Virenzperiode kann von verschiedener Dauer sein. Bei hoher Virenz dauert sie nur Bruchteile einer Formation (Manticoceratidae, Cheiloceratidae etc.), bei mittlerer Virenz dauert sie ein oder zwei Formation und bei geringer mehrere Formationen oder auch Formationsgruppen. Der Grad der Virenz ist gleichzeitig ein Mass der Umwandlungsgeschwindigkeit.

Auf Tabelle 1 habe ich auf Grund eigener Studien eine Reihe von Virenzperioden zusammengestellt, die einen sehr verschiedenen Grad der Virenz zeigen. Die Ammonoidea besitzen einen hohen Grad der Virenz, die Strophomenidae einen mittleren und die Orthidae einen geringen Grad der Virenz. Instruktiv ist zunächst das Beispiel der Orthidae, deren Stamm sich in verschiedenen Eigenschaften ändert: 1. in der Gehäuseform, 2. in den inneren Stützapparaten, 3. in der Schalenskulptur, 4. in der Schalenstruktur. In dem Verhalten dieser Eigenschaften besteht nun insofern ein Unterschied als in den beiden ersten Punkten eine divergente, in den beiden anderen eine konvergente Entwicklung zum Ausdruck kommt, so dass z. B. der Charakter der Schalenperforierung früher oder später ein Allgemeingut wird, eine bestimmte Gehäuseform oder ein bestimmter innerer Bau dagegen auf bestimmte Gruppen beschränkt bleibt.

Mit Beginn des Untersilur beginnen die Orthidae hervorzutreten. Die ältesten echten Orthidae sind als primitive zu bezeich-

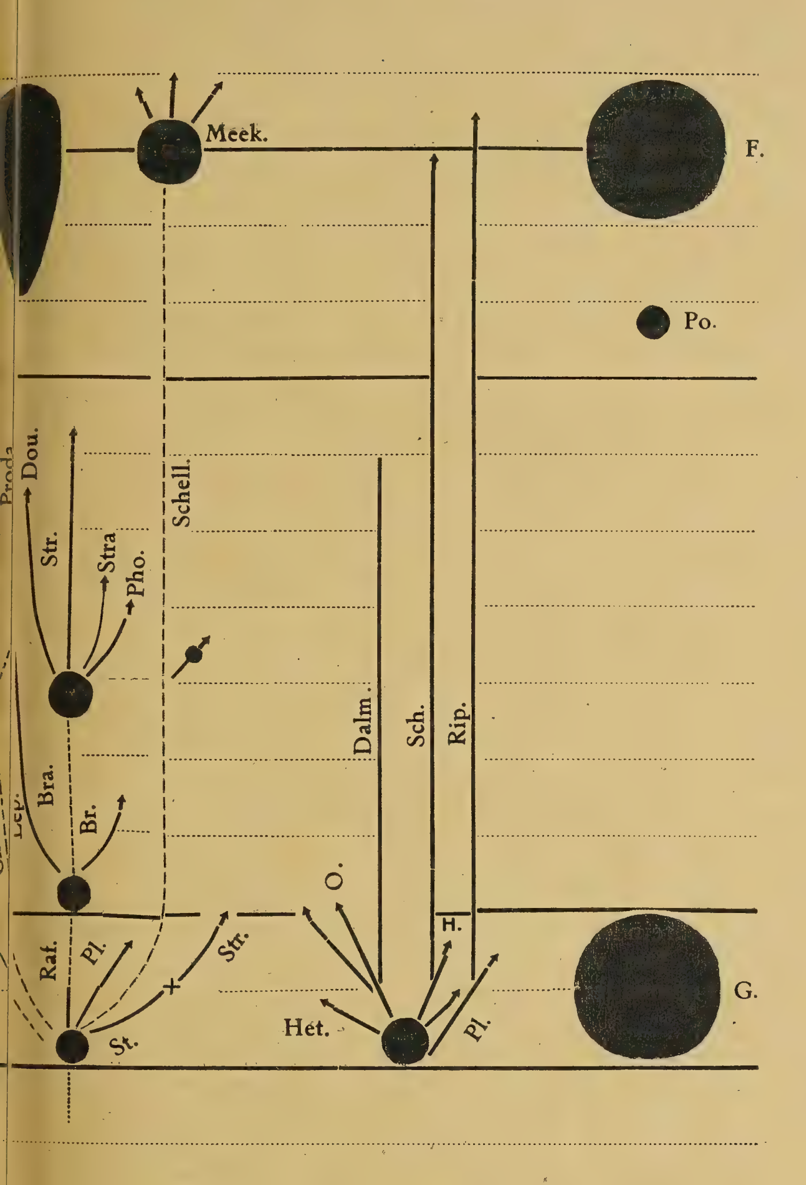
nen nicht nur mit Bezug auf ihre Organisation, z. B. im Bau der Stützapparate, sondern auch deshalb, weil ihnen eine Stabilität der Gehäuseform fehlt. Im Mittelpunkte der älteren Orthidae steht Orthis selbst, das ein Prospondylium und eine nicht perforierte Schale besitzt. Das Gehäuse ist dabei entweder plankonvex (Subgen. Orthis s. str.), bikonvex (Subgen. Plectorthis) oder invers (Subgen. Orthostrophia). Indem nun in den beiden Hauptcharakteren (Schalenstruktur und Bau der inneren Stützapparate) bestimmte Gruppen sich nicht ändern, also stationär bleiben, andere Gruppen in einem von diesen beiden oder in beiden Charakteren ändern, kommt es zu einer größeren Entfaltung der Orthidae. So dauern bestimmte Gruppen von primitiven Orthidae unverändert in diesen beiden Charakteren an. Formen, die als Orthis zu bezeichnen sind, finden sich noch im unteren Mitteldevon, um dann zu enden. Das wäre also ein stationärer Terminalzweig. Bikonvexe Orthidae, die im Prospondylium stationär bleiben, aber eine Schalenperforierung erhalten, werden als Platystrophia bezeichnet (Spiriferähnliches Gehäuse!). Bei der großen Masse der Orthidae wird aber das Prospondylium progressiv verändert und die nicht perforierte Schale in eine perforierte überführt. Gleichzeitig tritt im inneren Bau der ventralen Stützapparate und der Gehäuseform eine divergente Entwicklung hervor. Aus primitiven plan- und bikonvexen Orthidae geht so Dalmanella, aus resupinaten resp. inversen Schizophoria hervor, indem die ventralen Adductor- und Diductoreindrücke gleich lang bleiben. Diesen steht Rhipodomella gegenüber, bei der der Adductoreindruck der Ventralklappe kurz bleibt.

Die Grenze zwischen Orthis und Dalmanella ziehen wir dort, wo zum ersten Male die Schalenperforierung hervortritt. Der inverse Typus Hebertella mit inverser nicht perforierter Schale leitet zu Schizophoria mit perforierter Schale über.

Aus dieser Uebersicht ergibt sich folgendes Gesamtbild für die Geschichte der Orthidae. Die Familie ist im Kambrium noch nicht vorhanden (Walcott 1912. S. 317 ff.). Die formenarmen Eorthidae des Kambriums — nur die Gattung Eorthis und Finkelnburgia ist nach Walcott (1912) vorhanden — gehen mit Beginn des Untersilurs in die Orthidae über, die sich noch während des Untersilurs zu einer formenreichen Tiergruppe entfalten. Zwischen den verschiedenen Typen sind zahlreiche Uebergänge und Zwischenformen vorhanden. Insofern hat Wysogorski durchaus recht. Diese labile Entfaltung hält während des gesamten Silurs an. Mit Beginn des Devons beginnen die Zwischenformen auszufallen und drei nunmehr scharf begrenzte Reihen Dalmanella, Schizophoria und Rhipidomella bleiben bestehen. Aus einem Stadium der labilen Entfaltung sind die Orthidae nunmehr in ein Stadium der stabilen Weiterentwicklung ge-

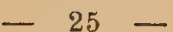


**) Cl. = Clymenien; Stach. = Stacheoceracea; Pron. = Familie Pronoritidae; Pop. = Fam. Popanoceratidae; Medl. = Medlicottiidae. — Ag. = Agoniatites; Prol. = Prolobites; W. = Wocklumerien; H. = Homoceras; Gastr. = Gastrioceraten; An. = Anarcestes; x Fo. = Foordites; Maen. x = Maeneceraten; Cheil. = Cheiloceraten; Pscl. = Pseudoclymenia; Gly. = Glyphioceraten; Girt. = Girtyoceras. — St. = Strophomena; Str. = Strophonella; Pl. = Plectambonites; Raf. = Rafinesquina; Br. = Brachy-



prionella; Bra. = Brachyprion; Lep. = Leptostrophia; Lept. = Leptaena; Douv. = Douvillina; Str. = Stropheodonta; Stra. = Stropheodontella; Pho. = Pholidostrophia; Schell. = Schellwienella; Prod. = Productidae; Meek. = Meekela, Streptorhynchus etc. — Het. — Heterorthis; O = Orthis; Dalm. = Dalmanella; H. = Hebertella; Sch. = Schizophoria; Rip. = Ripidomella; Pl. = Plaesiomys. — G. = Graptolithen; P. = Posidonien; F. = Fusulinen.





**) Cl. = Clymenien; Stach. = Stacheoceracea; Pron. = Familie Pronoritidae; Pop. = Fam. Popanoceratidae; Medl. = Medlicottiidae. — Ag. = Agoniatites; Prol. = Prolobites; W. = Wocklumerien; H. = Homoceras; Gastr. = Gastrioceraten; An. = Anarcestes; x Fo. = Foordites; Maen. x = Maeneceraten; Cheil. = Cheiloceraten; Pscl. = Pseudoclymenia; Gly. = Glyphioceraten; Girt. = Girtyoceras. — St. = Strophomena; Str. = Strophonella; Pl. = Plectambonites; Raf. = Rafinesquina; Br. = Brachyprionella; Bra. = Brachyprion; Lep. = Leptostrophia; Lept. = Leptaena; Douv. = Douvillina; Str. = Stropheodonta; Stra. = Stropheodontella; Pho. = Pholidostrophia; Schell. = Schellwienella; Prod. = Productidae; Meek. = Meekela, Streptorhynchus etc. — Het. — Heterorthis; O = Orthis; Dalm. = Dalmanella; H. = Hebertella; Sch. = Schizophoria; Rip. = Ripidomella; Pl. = Plaesiomys. — G. = Graptolithen; P. = Posidonien; F. = Fusulinen.

treten. Auch diese scharf begrenzten Stämme enden noch im Palaeozoikum. Aus Orthis geht noch Enteletes mit gefalteter Schale hervor. Ich habe mich nicht davon überzeugen können, daß Rhynchonellen aus Orthis hervorgehen. Mit Bezug auf einen Hauptstamm Orthis-Dalmanella-Enteletes können die anderen Stämme als exzessive (Schizophoria in der Gehäuseform), als stationäre (Gruppe der Orthis triangularis und Platystrophia) und progressive (Rhipidomella) Terminalstämme bezeichnet werden.

Die Geschichte der Orthidae zeigt demnach, wie sich eine Tiergruppe zu einem bestimmten Zeitpunkt gleichsam büschelförmig entfaltet, um dann zu enden.

Etwas abweichend verhalten sich die Rafinesquinen. Den Ausgangspunkt stellt Rafinesquina dar mit normal konvex-konkaven Gehäuse und einfacher Ansatzfläche der Muskeln. Indem nun ein Teil der Rafinesquinen das Gehäuse nicht umformt, die inneren Stützapparate verändert, ein anderer Teil das Gehäuse, nicht aber die inneren Stützapparate umformt, kommt es zu einer ersten scharfen Scheidung innerhalb der Rafinesquinen. Vom Hauptstamme gehen vier Stämme aus: 1. Rafinesquina bewahrt das konvex-konkave Gehäuse, 2. Leptaena bewahrt den primitiven Bau der Muskelfelder, das Gehäuse bildet eine Schleppe heraus, die knieförmig abgeknickt ist, und einen inneren Kragenwulst. 3. Strophomena erhält ein resupinates Gehäuse und verlängerte ventrale Muskeleindrücke. 4. Schellwienella endlich hat eine konvex-konkave Ventralklappe und eine konvexe Dorsalklappe. Alle haben eine nicht gezähnelte Area.

Der von Rafinesquina ausgehende Hauptstamm geht in Brachyprion über, das Rafinesquina in der Gestalt gleicht, sich aber durch die Querstreifung der Area von Rafinesquina unterscheidet. Die ventralen Adductoreindrücke sind so lang oder länger als die Diductoreindrücke. Die ventralen Adductoreindrücke bestehen aus zwei deutlich voneinander getrennten Feldern.

Im älteren Unterdevon entfaltet sich der Hauptstamm neuerdings und läßt mindestens zwei neue Stämme hervorgehen, einmal das bekannte Genus Leptostrophia und außerdem Brachyprionella (nov gen.). Dem Hauptstamm gegenüber ist Brachyprionella vollkommen verändert. Das Gehäuse läßt wieder Leptaenacharaktere hervortreten, indem die Dorsalklappe knieförmig zu einer Schleppe umknickt und einen inneren Kragenwulst herausbildet. Die ventrale Muskelarea zeigt, vollkommen verändert, eine Gliederung in ein einheitliches zentrales vorn spitz auslaufendes Adductorfeld und in die seitlichen stark verlängerten und durch Radialleisten reich gegliederten Adductorfelder.

Eine dritte Entfaltung oder Virenzperiode erfahren die Rafinesquinen an der Grenze Unterdevon, Mitteldevon. Eine Reihe neuer und interessanter Terminalstämme bilden sich heraus: 1. Stropheodontella Wdkd [1]) ist durch die zum Teil vollkommene Wiederkehr eines Leptaena-artigen Gehäuses von Bedeutung. 2. Douvillinella Wdkd. [2]) und Douvillinella [3]), 3. Pholidostrophia [4]) und 4. Stropheodonta [5]). — Douvillinella ist ein praematurer Terminalzweig, der bereits die Douvillina-artigen Charaktere vorzeitig zeigt. Pholidostrophia ist z. B. in der Eifel sehr häufig und weit-

---

1) Bezeichnend für Stropheodontella (n. g.) ist:
  1. Das vollkommen leptaenaartige Gehäuse (Schleppe uud Kragenwulst).
  2. Die Gliederung der ventralen Muskelarea in die langen, lappenförmigen, vorn getrennt bleibenden Diductoreindrücke und die kürzeren ovalen Adductoreindrücke.
  3. Das nicht septenförmige Hervortreten der dorsalen Querleisten, die vielmehr fast vollkommen rückgebildet sind. (Als Querleisten bezeichne ich die Leisten, die in der Dorsalklappe die vorderen und hinteren Seitenfelder der Adductoreindrücke voneinander trennen).

Hierher gehören Str. irregularis und porigata.

2) Für Douvillinella ist bezeichnend:
  1. Die resupinate Gehäuseform.
  2. Die Gliederung der ventralen Muskelarea in die lappenförmig verlängerten und vorn getrennt bleibenden Diductoreindrücke.
  3. Das septenförmige Hervortreten der ventralen Querleisten.

Hierher gehört u. a. Douvillina filifer.

3) Douvillina Oehlert ist charakterisiert durch folgende Punkte:
  1. Das normal konvex-konkave Gehäuse.
  2. Die Kürze der ventralen Muskelarea, die in der Gliederung der von Brachyprion entspricht.
  3. Der spitze Winkel, den die besonders bei oberdevonischen Arten septenförmig hervortretenden Querleisten miteinander bilden.

4) Für Pholidostrophia ist bezeichnend:
  1. Das konvex-konkave Gehäuse mit glatter blättriger Schale, das vorn in eine Schleppe und einen Kragenwulst übergeht.
  2. Die Länge und Größe der ventralen Muskelarea, das polsterartige Hervortreten der ventralen diskreten Adductorfelder, die durch einen glatten Wulst getrennt sind.

5) Stropheodonta Hall ist bisher im Rheinischen Gebirge nicht nachgewiesen. Charakteristisch ist:
  1. Das normal konvex-konkave Gehäuse.
  2. Die vollständige Zähnelung der Area.
  3. Die Gliederung der ventralen Muskelarea in die langen, vorn durch einen langen Wulst getrennten und reich gegliederten Diductorfelder und die ovalen wulstartig hervortretenden Adductorfelder.
  4. Die dorsalen Querleisten setzen weit hinten an und laufen der Mittellinie fast parallel.

verbreitet. Alle haben eine gezähnelte Area. — Es ist von Bedeutung, daß in den verschiedenen Virenzperioden immer wieder ähnliche Gestalten hervortreten.

Während diese Terminalstämme, die in den verschiedenen Virenzperioden entstanden sind, noch im Devon erlöschen, entfaltet sich Schellwienella im Karbon-Perm zu neuer Formenfülle. Genera wie Derbya, Orthotetes, Geyerella, Streptorhynchus und Meekella treten nunmehr hervor [1]).

Die in der Tabelle angeführten Beispiele aus dem Gebiete der Ammonoidea dürften an der Hand meiner Monographie der Goniatiten leicht zu verstehen sein.

Ueber Mutationsperioden.

Nach Abschluß meiner Untersuchungen machte mich Herr Geheimrat A. Meyer auf die Arbeiten von H. de Vries [2]) aufmerksam. Es ist von ganz besonderem Interesse, daß de Vries auf Grund ganz anderer Untersuchungen zu ganz ähnlichen Resultaten gekommen ist. Auf der Tatsache, daß es mutable und inmutable Arten gibt, hat de Vries seine Hypothese der periodischen Mutationen aufgebaut. Er sagt bereits (a. a. O.): „Die palaeontologischen Tatsachen stimmen gut mit dieser Tatsache überein. Man findet, daß die Schwärme von Arten und Varietäten aufeinander folgen wie ebenso viele Stockwerke. Dieselben Gestalten werden wiederholt, und die einzelnen Stockwerke scheinen miteinander durch einen Hauptstamm verbunden zu sein, welche in jeder Entwicklungslinie die ganze Zahl der verwandten Formen hervorbringen.“ „. . . . die weite Mehrzahl der Seitenzweige sind jeder auf sein eigenes Stockwerk beschränkt.“ „Alle Tatsachen deuten auf den Schluß hin, daß diese Perioden der Stabilität und der Mutabilität mehr oder weniger miteinander abwechseln.“

Wenn ich trotz dieser Uebereinstimmung mit de Vries die Bezeichnung Virenzperioden nicht habe fallen lassen, so geschah das deshalb nicht, weil ich nach Kenntnis der Arbeiten de Vries die Mutationsperioden als eine Unterabteilung der Virenzperioden auffasse. Die Virenzperioden bezeichnen das palaentologische Geschehen z. B. der Manticoceratidae, die Mutationsperioden aber die Eigenart der Entwicklung der Arten der Gattung Manticoceras (oder Oenothera).

Die iterative Artbildung (Kokens) fällt in den Bereich der Hypothese der Mutationsperioden. Ich werde erst auf die Muta-

---

1) Vgl. IvorThomas,The british carboniferous Orthotetinae. London 1910.
2) Vergl. Hugo de Vries: Die Mutationstheorie. Leipzig 1903. — Gruppenweise Artbildung. Berlin 1913.

tionsperioden nach neuen Aufsammlungen eingehen können. Es scheint mir nämlich, daß die Lehre der Mutationsperioden auf Grund des palaeontologischen Materials einer freilich unwesentlichen Korrektur bedarf.

Bedeutung der Virenzthorie für die Biostratigraphie.

Begriffsbestimmungen: Die *Zone* ist entsprechend meiner Definition durch die absolute Lebensdauer einer Art bestimmt. Die Arten aber, die als Zonenfossilien dienen, gehören demjenigen Teile einer Fauna an, der eine Virenzperiode bei einem hohen Grade der Virenz durchläuft.

Als *Periode* bezeichne ich eine höhere Einheit der geologischen Zeitmessung, die durch die entsprechende Dauer einer Virenzperiode bestimmt ist. Bei einem hohen Grade der Virenz sind die Perioden im allgemeinen scharf erfaßbar. Ihr Beginn ist durch den Zeitpunkt bestimmt, an dem aus einem invirenten Stamme heraus neue und stärker abweichende Typen hervorgehen. Das Ende ist durch das Ausklingen der Terminalstämme bedingt, dabei ist besonders auf exzessive Terminalstämme zu achten wie Spirifer cultrijugatus-Gruppe, Prolobites, Parkinsonia usw., die ja häufig die Eigenschaft besitzen, daß sie vor ihrem Ende besonders häufig sind resp. ein Maximum der Häufigkeit erreichen.

Die *Stufe* ist wiederum ein Teil einer Periode, die wiederum aus verschiedenen Zonen besteht. Ich habe sie bisher und mit Erfolg durch die maximale Häufigkeit einer Gattung eines virenten Stammes festgelegt. Die Stufe ist also ein besonders hervorstechender Teil der Periode. Beispiele sind Cheilocerasstufe, Arietitesstufe, Cultrijugatusstufe usw.

Anwendung der Begriffe: Eine Reihe auffallender Schnitte innerhalb der geologischen Zeitfolge sind seit altersher bekannt. Die Devon-Karbon-Grenze ist deshalb so besonders scharf, weil an dieser Grenze die Clymenien verschwinden und die älteren Goniatiten ohne Mediansattel (Ausnahmen Praeglyphioceras und

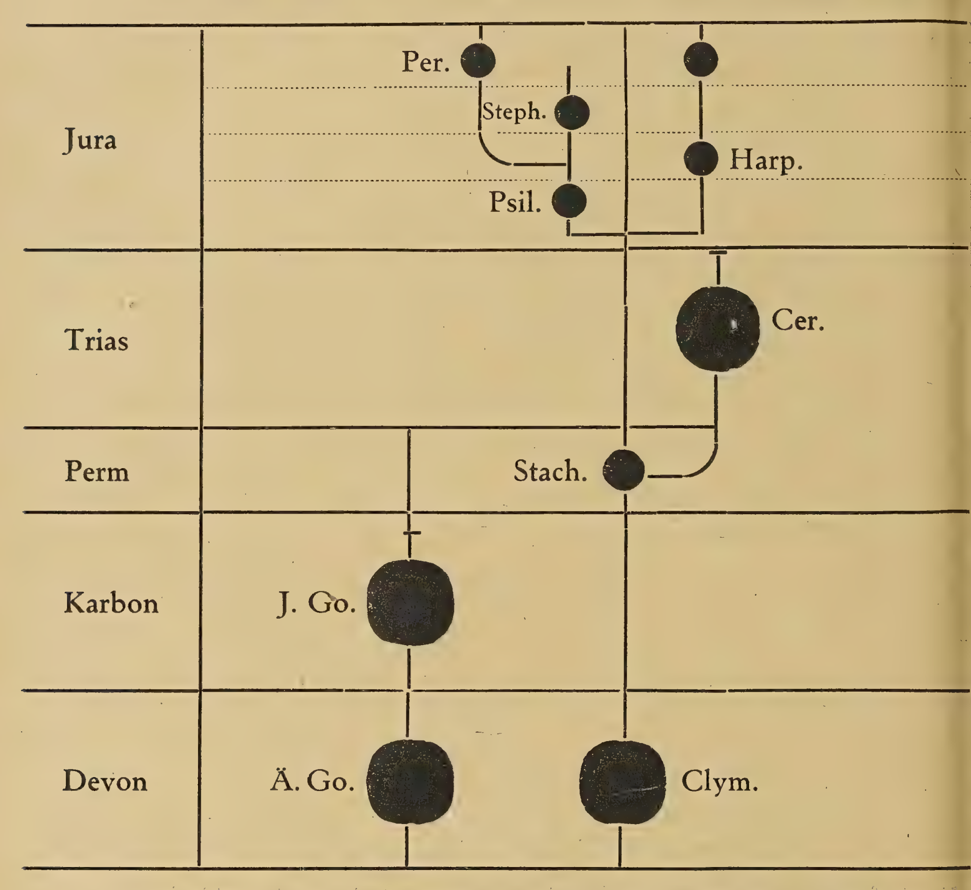
---

1) Auf die Ausführung H. Salfelds (Lobenlinie bei Jura- und Kreideammoniten) über die Unterscheidung der Neoammonoidea und Mesoammonoidea komme ich an anderer Stelle ausführlich zurück. Außerdem ist nach meinem jüngst an glänzend erhaltenem Material ausgeführten Untersuchungen die Deutung der Lobenelemente der Harpoceracea von Salfeld nicht richtig. Die allgemeine Sotenformel ist:

$$J\ U_I\ (U_{IV}(= S)\ U_{III}\ U_{II}\ L, E\ M$$

und nicht $U_{III} = S$. Das Belegmaterial werde ich erst veröffentlichen können, wenn die mikrophotographische Einrichtung des hiesigen Institutes fertiggestellt ist. Die Formel gilt auch für Oppelia.

Manticoceratidae) in die jüngeren Goniatiten mit Mediansattel übergehen. Mit Beginn der Permformation erscheinen die ersten Neoammonoidea, an der Trias-Juragrenze enden die Ceratitacea und die große Masse der Mesoammonoidea, die reiche Entfaltung



*) Ä. Go. = Ältere Goniatiten, vorwiegend ohne Mediansattel; J. Go. = Jüngere Goniatiten, vorwiegend mit Mediansattel; Clym. = Clymenoidea; Stach. = Stacheoceracea; Cer. = Ceratitacea; Psil. = Psiloceratoidea; Steph. = Stephanoceratoidea; Per. = Perisphinctoidea; Harp. = Harpoceratoidea.

der Neoammonoidea beginnt. Mit dem Ausgang der Kreideformation verschwinden die Ammonoidea überhaupt.

Nach meinen Erfahrungen sterben die Clymenien nicht aus, sie werden lediglich oberhalb der Devon-Karbongrenze invirent. Pronorites, nach meiner Auffassung ein Descendent der Clymenien,

ist im Carbon rel. selten und formenarm, entfaltet sich aber in der Permzeit zu den Stacheoceracea. Die Descendenten der Stacheoceracea treten wieder in der Triasformation zurück, um mit Beginn der Juraformation neuerdings dominierend hervorzutreten. Die Formationsgrenzen sind demnach durch auffallende Schnitte in der Entwicklung der Ammonoidea gekennzeichnet.

Die Juraformation ist palaeontologisch nicht in drei, sondern in vier große Abteilungen zu zerlegen. Unmittelbar über der Trias-Juragrenze durchlaufen die älteren Psiloceracea eine erste Virenzperiode, die aus zwei Teilperioden besteht. Den Zeitabschnitt, in dem die Gesamtperiode abläuft, bezeichne ich als Psiloceras-Periode. Während der ersten Teilperiode bilden sich die Genera Psiloceras, Arietites und Schlotheimia heraus. Psiloceras, Arietites und Schlotheimia bilden exzessive Terminalstämme, nur Aegoceras persistiert und läßt zunächst Praederoceras und dann die große Masse der Deroceraten entstehen. Nun folgt eine ausgesprochen invirente Periode, während der die Psiloceracea selten und formenarm sind. Nur Coeloceras ist vorhanden. Im Dogger treten neuerdings die Psiloceracea hervor, wieder in zwei kurz aufeinander folgenden Teilperioden. Zuerst bilden sich die häufigen und mannigfaltigen Genera wie Emileia, Otoites und Stephanoceras heraus. Besonders wichtig sind dann die Reihen, die zu Parkinsonia und Baculitoceras führen. Während der zweiten Teilperiode bildet sich der Terminalstamm Macrocephalites, Kepplerites, Cosmoceras und außerdem der länger andauernde Terminalstamm Cadoceras-Cardioceras heraus. Da im Mittelpunkt dieser Periode Stephanoceras steht, bezeichne ich sie als Stephanoceras-Periode und schließe sie mit dem Enden von Cosmoceras ab.

Im weißen Jura entfalten sich die Perisphinctoidea zu großer Mannigfaltigkeit und verleihen dadurch dem weißen Jura einen ganz besonderen Charakter. Die Perisphincten sind im Dogger bereits vorhanden. In der Zwischenperiode, die zwischen der Psiloceras- und Stephanoceras-Periode liegt, erfahren die Harpoceraten eine erste Virenzperiode mit häufigen und mannigfaltigen Formen. Dieser Zeitabschnitt soll hier als Harpoceras-Periode bezeichnet werden.

Innerhalb dieser Perioden sind dann weiter Stufen zu unterscheiden wie Psiloceras -,Arietites-, Derocerasstufe u. s. f. Eine leidliche Zoneneinteilung findet man in der einschlägigen Literatur.

Eingegangen am 14. IV. 1920.

Ueber die Siphonalbildungen der Ammonoidea

(Mit 2 Textfiguren.)

Von O. H. Schindewolf.

I. Morphologie der Siphonalbildungen.

Wenn wir uns dem Studium des Siphonalorgans fossiler *Ammonoidea* widmen wollen, so haben wir zuvor, um den Sipho auch zoologisch begreifen zu können, in Kürze der Verhältnisse bei einer noch jetzt lebenden als nahe verwandt geltenden Form, dem *Nautilus*, zu gedenken.

Bei diesem Typus wie bei allen fossilen Cephalopoden hat man prinzipiell zwischen der Siphonalröhre selbst und andererseits zwischen solchen Bildungen zu unterscheiden, die erst sekundär durch das Auftreten des Siphos bedingt sind. Zu dieser letzteren Kategorie gehören die Siphonaltrichter[1]), das sind Ausstülpungen der Kammerscheidewände, die gleichsam die Pforten für den Sipho bei dessen Durchtritt durch die Septen bilden. Der Siphonalstrang selbst tritt uns bei *Nautilus* als eine Fortsetzung des dorsalen Endes des Eingeweidesackes[2]) entgegen. Auf seiner Außenfläche scheidet er eine ± feste kalkig-chitinöse Hülle aus; in seinem Inneren ist zwischen einem Kanal, d. i. einem den Sipho in seiner ganzen Länge durchziehenden Hohlraum, einem auskleidenden Epithel und einem lockeren Bindegewebe zu unterscheiden. Das letztere ist in seinen Lücken mit venösem Blute erfüllt und enthält außerdem ein besonderes arterielles Blut führendes Gefäß, die Siphonalarterie. Dieser so struierte Siphonalapparat beginnt in der Anfangskammer mit einer blindsackartigen Auftreibung und durchzieht von da die gesamte spiral aufgerollte Nautilusschale bis zu der Wohnkammer hin, wobei ihm die Siphonaltrichter den Durchlaß von einer Luftkammer zur anderen gewähren.

Nach diesen Vorbemerkungen gehe ich zu der Schilderung der Siphonalbildungen bei den fossilen Ammoneen über. Als die ältesten Formen innerhalb dieses Tierstammes treten uns die *Goniatiten* entgegen oder die *Palaeoammonoidea*, wie sie neuerdings von

---

1) Die sonst übliche Bezeichnung „Siphonaldute" lasse ich als unexakt fallen, da die fraglichen Bildungen nichts mit geschlossenen Duten gemein haben, sondern vielmehr beiderseits offen und von trichter- oder cylinderförmiger Gestalt sind.

2) Nach einigen Autoren soll allerdings der Sipho als geschlossene Röhre den Eingeweidesack durchziehen und erst in die Herzhöhle, das Pericard, einmünden, eine Auffassung, die jedoch auf Grund der neueren Literatur nicht sicher begründet zu sein scheint.

W e d e k i n d bezeichnet wurden. Sie sind, kurz gesagt, durch eine goniatitische Lobenlinie ausgezeichnet, d. h. eine einfache unzerschlitzte Lobenlinie mit gerundeten oder einspitzigen Loben und Sätteln. Der eigentliche Sipho dieser Formen ist nur selten erhalten. Mir liegt er lediglich in einigen Präparaten von *Glyphioceras striatum* S o w. sp. aus dem Kulm von Herdringen im Sauerlande vor; andere Autoren beobachteten ihn außerdem noch bei *Homoceras diadema* d e K o n. sp. Er bietet in seiner äußeren Erscheinungsweise nicht viel Bemerkenswertes, abgesehen von seiner Lage, die eine streng externe, hart an der Außenseite des spiraligen Gehäuses ist. Von Wichtigkeit erscheint es mir jedoch, daß der Sipho nicht in dem gleichen Maße anwächst wie die Windungshöhe, sondern vielmehr hinsichtlich seiner Dicke von Anfang bis zu Ende annähernd konstant bleibt. Infolgedessen besitzt der Sipho auf den Jugendstadien eine erheblichere relative Größe als sie ihm im Alter eigen ist, eine Besonderheit, auf die später noch zurückzukommen sein wird.

Bei der großen Masse der von mir untersuchten devonischen, karbonischen und permischen Goniatiten hingegen sind lediglich die Siphonaltrichter erhalten, die sich als an ihrer Basis geöffnete, rings um aber geschlossene trichterförmige Rückbiegungen des Septums darstellen. Vom ersten Septum an, wie ich namentlich an schönen Präparaten von *Girtyites Federowi* K a r p. sp. aus der Artinsk-Stufe des Urals nachweisen konnte, liegt die Durchbruchsstelle des Siphos direkt an der Externseite, und es ist hier der den Externlobus hervorrufende Lobentrichter, der gleichzeitig als Siphonaltrichter in Anspruch genommen wird.

Eine zweite Erscheinungsweise hinsichtlich der Siphonalbildungen bieten uns die *Clymeniacea* dar, eine auf das Oberdevon beschränkte Formengruppe der *Ammonoidea*. Der Sipho dieser Formen scheint nirgends erhalten zu sein, bezw. ist bisher noch niemals beobachtet worden, sodaß wir auf Rückschlüsse aus der Art der Siphonaltrichter angewiesen sind. Diese zeigen ganz analoge Verhältnisse wie bei den *Palaeoammonoidea*, mit dem Unterschiede jedoch, daß hier die Siphonaldurchbrechung an der Internseite gelegen ist und demgemäß der Internlobentrichter gleichzeitig als Siphonaltrichter benutzt wird. In vollkommener Uebereinstimmung mit den Goniatiten sind infolgedessen auch hier die Siphonaltrichter nach hinten gerichtet.

Weit interessanteren Verhältnissen als bisher geschildert begegnen wir bei den A m m o n i t e n i m w e i t e r e n S i n n e, worunter ich hier aus Zweckmäßigkeitsgründen die *Mesoammo-*

noidea und *Neoammonoidea* Wedekind's zusammenfasse. Gegenüber den Goniatiten sind diese generell neben der primären Lobierung der Lobenlinie noch durch deren sekundäre Zerschlitzung, durch Inzisionenbildung, ausgezeichnet. Infolge besserer Erhaltungsmöglichkeiten und wahrscheinlich auch einer solideren Beschaffenheit der Siphonalbildungen sind uns diese in vollkommenerer Weise überliefert worden, als es bei den paläozoischen Formen der Fall ist, sodaß es hier verlohnt, etwas ausführlicher auf diese Verhältnisse einzugehen.

Wenden wir unsere Aufmerksamkeit zunächst dem Sipho selbst oder, besser gesagt, der Siphonalhülle zu, die uns vermöge ihres Gehaltes an mineralischen Substanzen [1]) naturgemäß einzig fossil übermittelt sein kann. Diese Siphonalhülle beginnt in der ersten

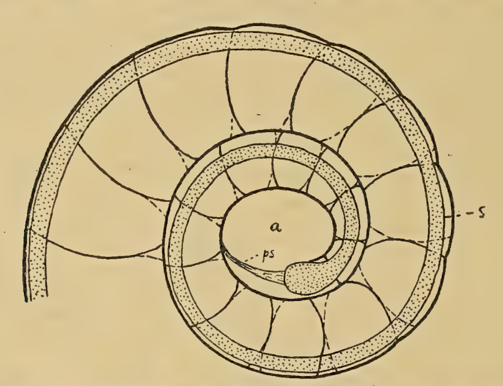


Fig. 1. Medianschnitt durch die Anfangskammer und die ersten Windungen von *Dorsetensia* cf. *complanata* Buckm. aus den Humphriesi-Schichten von Geerzen bei Alfeld. *a* Anfangskammer, *ps* „Prosipho", *s* Sipho. Vergrößerung 20 : 1.

Luftkammer der Ammonitenschale mit einer kleinen kugeligen Anschwellung (Fig. 1) und durchzieht von da unter Durchbrechung

---

1) Nach den Untersuchungen von Grandjean (Le Siphon des Ammonites et des Bélemnites. Bull. Soc. géol. de France. 4. sér. t. XIII, 6. 1910) besteht die Siphonalhülle aus isotropem Calciumphosphat, während ihr andere Autoren eine chitinöse bezw. chitinös-kalkige Beschaffenheit zuschreiben. Sicherlich werden primäre Verschiedenheiten des Materials vorkommen, wenn auch nicht in dem Umfange, wie sie z. B. Branco (Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der fossilen Cephalopoden. II. Palaeontographica XXVII. 1880/81, S. 57) für die triadischen Ammoniten gegenüber den jüngeren annimmt, da bei jenen Formen nach meinen Untersuchungen Siphonen weit weniger selten erhalten sind als dieser Autor glaubte. Bei Untersuchungen dieser Art ist wohl auch noch mehr dem Umstande Rechnung zu tragen, daß die ursprüngliche Substanz des Siphonalorgans durch den Fossilisationsprozeß leicht einer sekundären Umwandlung anheimfallen kann.

der nachfolgenden Septen in spiraler Anordnung und bei im ganzen annähernd gleichbleibender Dicke die gesamte Schale bis zu der Wohnkammer. Häufig allerdings ist der spiralige Verlauf kein reiner im mathematischen Sinne, indem die zwischen zwei Septen gelegenen Teile des Siphos auf diese Erstreckung hin geradlinig verlaufen und erst bei einer Gesamtbetrachtung das Bild einer Spirale ergeben. Ebenso bleibt sich auch der Sipho hinsichtlich der Dicke in seinem gesamten Verlaufe nicht absolut gleich, insofern nämlich, als er häufig an seiner Durchgangsstelle durch die Septen etwas eingeengt und auf seiner interseptalen Erstreckung dann wiederum etwas aufgetrieben erscheint.

Bemerkenswert ist auch hier, wie das in gleicher Weise für die Goniatiten und Clymenien gilt, daß der Sipho in der Jugend eine erheblichere relative Dicke im Verhältnis zu der Windungshöhe als im Alter erkennen läßt. Während er auf den Anfangswindungen $1/3$ bis zu $1/2$ von deren Höhe einnimmt, beträgt seine Dicke im Alter, je nach der Größe der untersuchten Stücke, $1/10$ bis etwa nur $1/30$ der Windungshöhe. Diese eigenartige Erscheinungsweise war bereits Branco (a. a. O. S. 61) aufgefallen, und er folgerte daraus, daß der Sipho „in dem jungen Tiere eines der hervorragendsten, wenn nicht das größte aller Organe gewesen sein“ müßte.

Von großer Bedeutung ist dann ferner die auch bereits von Branco (a. a. O. S. 61 ff.) beobachtete Verlagerung des Siphos von der Internseite bezw. aus einer mehr zentralen Lage innerhalb der Jugendwindungen auf die Externseite der älteren Wachstumsstadien. Am geeignetsten zum Studium dieser Verhältnisse erweisen sich die triadischen Ammoniten, aus deren Schar mir namentlich einige *Trachyceras-* und *Tropites*-Arten der alpinen Trias brauchbare Untersuchungsobjekte lieferten. Bei diesen Formen ist zu beobachten, daß der Sipho innerhalb der ersten Kammerscheidewände hart an der Internseite angelegt wird, alsdann im Verlaufe der weiteren Entwicklung auf die Mitte der Windung wandert und erst auf dem zweiten bis dritten Umgange seine endgültige externe Lage einnimmt. (Vergl. Fig. 2.)

Noch typischer, weil langsamer ablaufend und daher in den Einzelstadien besser zu beobachten, ist dieser Entwicklungsgang bei den permischen Ammoniten. Leider aber gebricht es mir hier noch an ausreichendem geeigneten Material, um diese Verhältnisse des genaueren verfolgen zu können. Nur an einigen Exemplaren von *Agathiceras Suessi* Gemm. aus dem Permokarbon von Sizilien gelang es mir vorläufig erst, brauchbare Beobachtungen zu gewinnen. Die interne Lage des Siphos bleibt hier erheblich längere Zeit als bei den triadischen Formen erhalten, und selbst auf dem dritten bis vierten Umgange ist noch eine mehr oder weniger zentrale Lage

des Siphos zu beobachten. Erheblich schneller dagegen verläuft der Wanderungsprozeß bei den jurassischen und gar erst den kretazischen Ammoniten. Der Sipho wird hier zumeist erst gar nicht mehr auf der Internseite angelegt, vielmehr beginnt er in der Mehrzahl der Fälle sogleich mit einer mehr oder weniger zentralen Lage, um dann sehr bald endgültig an die Externseite zu rücken.

Ganz entsprechend ist naturgemäß das Verhalten der Siphonaltrichter, die bereits zur Aufhellung der soeben geschilderten Tatsachen in den Fällen herangezogen wurden, wo der eigentliche Sipho nicht erhalten ist. Nun tritt aber auch hier noch eine weitere Komplikation durch einen auffälligen Umprägungsprozeß hinzu. Es zeigt sich nämlich, z. B. bei den bereits oben herangezogenen triadischen Formen, daß die Siphonaltrichter anfänglich nach hinten gerichtet sind, wie es bei den Goniatiten und Clymenien zeitlebens der Fall ist, und erst im Verlaufe der weiteren Entwicklung eine nach vorn gerichtete Stellung einnehmen (Fig. 2), die gemeinhin für die Ammoniten als charakteristisch angesehen wird *(Prosiphonata)*. Die Mechanik dieser Umkehrung ist auf das genaueste von Branco (a. a. O. S. 53) beschrieben worden, sodaß hier nicht im einzelnen darauf eingegangen zu werden braucht.

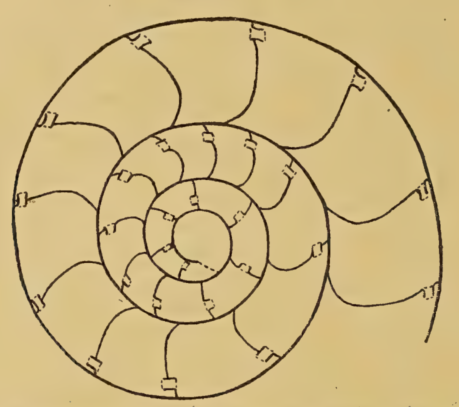


Fig. 2. Medianschnitt durch die ersten Windungen von *Trachyceras* sp. aus den Hallstätter Kalken zur Demonstration der Verlagerung und Umkehrung der Siphonaltrichter. Vergrößerung 20 : 1.

Gleichzeitig ist der hier geschilderte Vorgang aber auch ein phylogenetischer Prozeß innerhalb des Geschlechtes der Ammoniten, mit dem naturgemäß das Verhalten in der ontogenetischen Entwicklung in ursächlichem Zusammenhange steht. So konnte ich z. B. bei dem permokarbonischen *Agathiceras Suessi* Gemm., der hinsichtlich der Verlagerung des Siphos bereits typisch ammonitischeCharaktere aufweist, beobachten, daß die Siphonaltrichter hier — an-

scheinend zeitlebens — noch nach rückwärts gerichtet sind. Erst bei den triadischen Formen tritt die geschilderte Umlagerung in die Erscheinung und zwar auch hier so, daß die Rückwärtsstellung der Siphonaltrichter noch verhältnismäßig lange Zeit persistiert. Bei den jüngeren jurassischen und kretazischen Ammoniten sind dann endlich die Siphonaltrichter fast von Beginn an nach vorn gerichtet.

Zu den bereits behandelten Siphonalbildungen treten nun noch verschiedene Befestigungsapparate hinzu, die zu einer Fixierung der Lage des Siphos gedient haben. So ließen meine Schliffe durch den Siphonalapparat von *Platylenticeras Gevrili* d'Orb. sp. aus dem Valanginien von Gronau i. W. ein membranartiges Organ erkennen, das die Siphonalhülle allseitig umkleidet und an der Stelle des Septums inseriert, wo sich dieses zu dem Siphonaltrichter vorbiegt. Nach Grandjean (a. a. O.) sollen außerdem bei einigen Formen noch Lamellen auftreten, die die Ventralseite des Siphos an die Außenwand des Gehäuses anheften.

Ein weiteres Befestigungsorgan tritt uns in dem sogenannten „Prosipho" mancher Autoren entgegen. Es handelt sich dabei um eine dünne meist kegelförmig eingerollte Membran, die die Hinterseite des Siphonalblindsackes mit der gegenüberliegenden Wand der Embryonalkammer verbindet. (Fig. 1.) Fälschlich ist dieses Organ häufig als ein embryonales Homologon des späteren Siphos in Anspruch genommen worden. Dagegen spricht aber, wie auch bereits von anderen Autoren betont wurde, die Tatsache, daß keinerlei offene Verbindung zwischen diesem „Prosipho" und dem Siphonalcoecum zu beobachten ist und weiterhin, daß der Habitus des „Prosiphos" bei verschiedenen Gattungen ein stark wechselnder ist, während uns der Sipho selbst doch überall generell in der gleichen Erscheinungsweise entgegentritt. Ein Vergleich des „Prosiphos" der Ammoniten mit dem Pro- oder Endosipho der *Endoceratidae* ist daher gänzlich von der Hand zu weisen, vielmehr halte ich die erstere Bildung für homolog mit den übrigen Befestigungsorganen des Siphos und möchte diese zusammen, rein äußerlich und funktionell, mit den Mesenterien in der Leibeshöhle etwa der Wirbeltiere vergleichen.

II. Physiologie und Morphogenie des Siphonalorgans.

Damit werden wir zu Betrachtungen über die physiologische Bedeutung des Siphos geführt. Eine Reihe von Hypothesen sucht den Sipho als einen hydrostatischen Apparat oder als einen Muskelstrang zum Zurückziehen des Tieres in die Schale zu begreifen, doch

ist diesen Deutungsversuchen so vielfach und offenbar mit vollem Rechte widersprochen worden, daß wir sie als nicht stichhaltig ablehnen müssen. In neuerer Zeit ist dann durch Pfaff[1]) der Siphonalröhre bei den Nautiliden und Jugendformen vieler Ammoniten, wenn auch wohl nur als Nebenfunktion, die Rolle eines stützenden Organs zugeschrieben worden, das geeignet ist, den auf dem Endseptum lastenden Wasserdruck nach innen auf die weiter rückwärts gelegenen Septen abzuleiten. Aber auch diese Deutung scheint mir nur sehr wenig wahrscheinlich, da alle Anzeichen dagegen sprechen, daß der Sipho ein derart stabiles und zu einer solchen Tätigkeit befähigtes Organ ist.

Zu einer anderen Auffassung, die vielleicht den Tatsachen eher gerecht werden dürfte, bin ich auf Grund einer Vergleichung der Verhältnisse bei den *Orthoceradidae* aus dem Geschlechte der *Nautiloidea* gelangt. Bei den ältesten Formen dieser Gruppe, bei *Endoceras* Hall, tritt uns ein außerordentlich weiter Siphonalapparat entgegen. Er stellt eine voluminöse Ausstülpung des Visceralsackes dar, durch die ein Kontakt des Tieres mit den früher gebauten Schalenteilen aufrecht erhalten wird. Bei den jüngeren Abkömmlingen verkleinert sich der Umfang des Siphonalrohres mehr und mehr, indem die Eingeweide daraus verdrängt werden. Ganz analog glaube ich nun den Sipho der *Ammonoidea* deuten zu sollen, bei denen ontogenetisch die gleichen Verhältnisse wiederkehren. Anfänglich ist auch hier der Sipho von außerordentlicher relativer Weite und nimmt, wie bereits geschildert, oft bis zur Hälfte der Jugendwindungen ein. Infolgedessen hat man anzunehmen, daß in ihm umfangreiche Organe des Körpers gelegen waren, da sonst gar kein genügender Raum für das Tier in dem Rest der Windungen mehr vorhanden gewesen wäre. Da sich dann aber im Laufe der weiteren Entwicklung der Sipho nicht entsprechend der sonstigen Windungszunahme vergrößert, müssen sich später diese Organe aus dem Lumen des Siphos zurückgezogen haben, und dieser tritt uns nunmehr nur als ein rudimentärer Teil des Visceralsackes entgegen.

III. Betrachtungen über die Phylogenie der *Ammonoidea* im Spiegel der Siphonalbildungen.

Im folgenden sei mir der Versuch gestattet, das bisher angesammelte Tatsachenmaterial im Hinblick auf die Phylogenie der *Ammonoidea* auszuwerten. Im Brennpunkt steht dabei die Frage

1) E. Pfaff, Ueber Form und Bau der Ammonitensepten und ihre Beziehungen zur Suturlinie. IV. Jahresbericht d. Nieders. geol. Vereins. Hannover 1911. S. 212.

nach der Abstammung der Ammoniten im weiteren Sinne, der Formen, die nach der obigen Darstellung durch eine Verlagerung des Siphos von der Intern- auf die Externseite und durch eine Umkehrung der Siphonaltrichter von hinten nach vorn charakterisiert sind. Da diese Prozesse innerhalb des Individuums mit der größten Regelmäßigkeit verlaufen und außerdem phylogenetisch dem Gesetze der Acceleration unterworfen sind, insofern nämlich als der Entwicklungsgang bei den jüngeren Formen ganz successive gegenüber dem der älteren abgekürzt und beschleunigt erscheint, glaube ich annehmen zu dürfen, daß uns hier die ontogenetische Entwicklung in vollkommener Weise ein Abbild der einstigen Stammesgeschichte liefert. Als Ausgangspunkt haben wir dann also Formen mit intern gelegenem Sipho und rückwärts gewendeten Siphonaltrichtern anzusehen. Derartige Typen treten uns aber in den *Clymeniacea* entgegen. Auf Grund dieser Gedankengänge sehe ich mich also genötigt, für alle die Ammoniten, die durch die beiden genannten Umwandlungsprozesse ausgezeichnet sind, eine Abstammung von den Clymenien anzunehmen.

Diese Auffassung entspricht aber nun keineswegs der allgemein herrschenden; in sämtlichen Lehrbüchern findet man vielmehr den Standpunkt vertreten, daß die Goniatiten die Stammformen der Ammoniten bilden, und auch Branco kommt in seiner bereits des öfteren zitierten Studie zu demselben Resultat. Merkwürdigerweise ist als Begründung dieser Auffassung einseitig immer nur die Umkehrung der Siphonaltrichter ins Feld geführt, die nach meiner Meinung ebenso bedeutungsvolle Verlagerung des Siphonalstranges aber stets außer Acht gelassen worden. Unter Berücksichtigung auch dieser Eigentümlichkeit sehe ich aber keine Möglichkeit, die Ammoniten an die Goniatiten anzuschließen.

Fassen wir noch einmal das Gesamtbild ins Auge, so ergibt sich, daß die jüngeren Kreide- and Juraammoniten Verlagerung des Siphos und Umkehrung der Siphonaltrichter in schnellem Ablauf erkennen lassen. Bei den triadischen Formen erscheint alsdann diese Entwicklung gedehnt, und bei den permischen Ammoniten endlich war zu beobachten, daß die Verlagerung des Siphos selbst auf mittleren Umgängen noch nicht zum Abschluß gelangt ist. Gehen wir nun noch einen Schritt weiter zurück ins Karbon, in den Herrschaftsbereich der Goniatiten, so sollte man erwarten, daß diese als die angenommenen Stammformen der Ammoniten die in Rede stehenden Umwandlungsprozesse in noch langsamerem Ablaufe erkennen ließen. Das ist aber nun zweifellos nicht der Fall, vielmehr zeigten sämtliche untersuchten Goniatiten, soweit sie eine zureichende Erhaltung besaßen, eine externe Lage des Siphos vom

ersten Septum an bis ins Alter, also keinerlei erste Anlage desselben an der Internseite und nachträgliche Abwanderung zur Externseite. Durch diese Beobachtungsreihe bin ich dazu gelangt, einen scharfen Schnitt zwischen den Goniatiten und Ammoniten anzunehmen und an eine Abstammung der letzteren von den Clymenien zu denken.

Dieses Ergebnis, so weit es auch von den landläufigen Auffassungen abweicht, ist nun keineswegs neu, abgesehen allerdings von dem hier eingeräumten weiten Umfange. Schon von Wedekind[1]) wurde früher einmal der Gedanke geäußert, daß vielleicht ein Teil der nachdevonischen *Ammonoidea* an die Clymenien anzuschließen wäre, und zwar gelangte er, was hier von Wichtigkeit ist, zur Hauptsache auf ganz anderen Wegen zu dieser Anschauung, so daß also unsere Deduktionen gewissermaßen als Bestätigung und gegenseitige Ergänzung aufgefaßt werden können. Dabei stützte sich Wedekind einmal auf den Verlauf der sogenannten „embryonalen Lobenlinie" bei den Ammoniten, der in dieser Art einzig bei den Clymenien vorkommt. Auf dieses Kriterium möchte ich weniger Gewicht legen, da es noch nicht einwandfrei feststeht, ob die „embryonale Lobenlinie" tatsächlich eine Lobenlinie in dem sonst üblichen Sinne darstellt und insofern zu Vergleichen geeignet ist, oder ob sie nicht vielmehr nur, wie Wedekind später auch selbst ausgeführt hat, vielleicht einem larvalen Mundrand entspricht.

Ein anderes wichtiges Argument dieses Autors bezieht sich auf die Beschaffenheit des Medianlobus, der, ursprünglich einfach, die Tendenz zeigt, sich durch Herausbildung eines Mediansattels zu differenzieren. Nun ergibt sich das folgende Verhältnis, daß die ältesten Ammoniten erst gerade mit einer Herausprägung des Mediansattels beginnen, während die jüngsten Goniatiten des Karbons und Perms ausnahmslos durch einen hoch entwickelten Mediansattel ausgezeichnet sind. Will man daher die Goniatiten als die Ahnen der Ammoniten gelten lassen, so müßte man annehmen, daß der weitgehend differenzierte Mediansattel der ersteren nicht in die Lobenlinie der Nachkommen übernommen wurde, eine Prämisse, die durch nichts zu rechtfertigen ist.

Die Clymenien andererseits aber enden im Oberdevon noch ohne Mediansattel und hierher fällt — damit gibt auch das zeitliche Moment den hier vertretenen Anschauungen Recht — die Wurzel des Ammonitengeschlechtes. Welche Formen im einzelnen die Überleitung von den Clymenien zu der erst im Perm und in der

---

1) R. Wedekind, Die Genera der Palaeoammonoidea (Goniatiten). Palaeontographica LXII. 1917, S. 87. — Zuvor hatten auch bereits Mojsisovics und Hoernes den Versuch gemacht, eine kleine Gruppe von Ammoniten, die *Ammonea trachyostraca*, auf die Clymenien zurückzuführen.

Trias erfolgenden reichen Entfaltung der Ammoniten besorgen, muß vorläufig ungewiß bleiben. Vermutlich sind als solche etwa Typen wie *Pronorites* Mojs. in Anspruch zu nehmen, die bereits im Unterkarbon auftreten. Jedenfalls aber kommen dafür die clymenienähnlichen Prolecaniten des Unterkarbons, so verlockend ein solcher Ableitungsversuch auf den ersten Blick erscheinen mag, nicht in Betracht, da sie nach meinen Untersuchungen echte Goniatiten mit von Anfang an extern gelegenem Sipho darstellen. Ich schließe daher diese letzteren Formen jetzt an den jungdevonischen Goniatitenzweig der *Prolobitidae* Wdkd. an.

Wenn ich somit hier die Ammoniten in ihrer überwiegenden Mehrzahl auf die Clymenien zurückführe, so soll damit keineswegs in Abrede gestellt werden, daß nicht auch die Goniatiten in geologisch jüngere Bildungen hinübergehen. In der Permformation haben wir mit Sicherheit noch echte Goniatiten, und Abkömmlinge von ihnen, die ich wegen des Verhaltens ihrer Siphonalbildungen noch zu dem Goniatitenstamm rechnen muß, zeigen bereits eine höhere ammonitische Differenzierung der Lobenlinie (*Propinacoceras* Gemm., *Daraelites* Gemm.). Weiterhin treten in der alpinen Trias Formen auf, die wie z. B. *Badiotites* Mojs. und *Nannites* Dien. noch eine ursprüngliche goniatitenartige Gestaltung der Lobenlinie zeigen und möglicherweise Descendenten der paläozoischen Goniatiten sein könnten. Für die Gattung *Lobites* Mojs. allerdings, die auch noch eine primitive goniatitische Lobenlinie trägt, konnte ich nachweisen, daß hier bereits eine Verlagerung des Siphos auftritt und demgemäß nach den hier vertretenen Anschauungen eine Angliederung an die Goniatiten nicht möglich erscheint. Angesichts dieser Tatsache hat die angedeutete Eventualität auch für die übrigen primitiven Triasformen nur wenig Wahrscheinlichkeit für sich. Mangels geeigneten Materials ist es mir jedoch vorderhand nicht möglich, diese Frage zu klären und ebenso auch nicht die, ob und wieweit der Goniatitenstamm vielleicht in noch jüngeren Ammonoideengenera fortlebt. Zu diesem Ende wären weit ausholende Spezialuntersuchungen durchzuführen.

Die Stämme der Goniatiten und der Clymenien aber laufen selbständig und ohne nähere genetische Beziehungen nebeneinander her. Jedenfalls ist es mir nicht möglich, mit Sobolew[1]) in den Clymenien intrasiphonate Mutationen der Goniatiten zu erblicken. Wenn derartige Beziehungen zwischen extrasiphonaten und intrasiphonaten Formen bestehen, so ist, wie es der Fall der Ammoniten lehrt, eine vollständige Reihe der dazwischen vermittelnden Über-

---

1) D. Sobolew, Skizzen zur Phylogenie der Goniatiten. Mitt. des Warschauer Polytechn. Instituts. 1914, S. 132 ff.

gänge zu beobachten. Eine derart tief einschneidende Veränderung aber durch Mutationen erklären zu wollen, scheint mir ein Beweis zu großen Vertrauens zu den Fähigkeiten der Organismen zu sein. Außerdem ist bei der Beurteilung dieser Verhältnisse zu berücksichtigen, daß die Abwanderung des Siphos in der normalen Entwicklungsreihe von der Intern- nach der Externseite erfolgt, während für eine Beweisführung der Auffassung Sobolew's gerade das gegenteilige Verhalten zu fordern wäre.

Möglicherweise sind Untersuchungen über die Siphonalbildungen der *Ammonoidea* auch geeignet, etwas Licht über die bisher noch im Dunkel liegende Wurzel dieses Stammes in seiner Gesamtheit zu verbreiten. Feststehen dürfte so viel, daß die *Ammonoidea* von den *Nautiloidea* abzuleiten sind, die das älteste Geschlecht unter den Cephalopoden darstellen. Vielleicht bietet nun die anfänglich in der ontogenetischen Entwicklung von Formen aller Ammonoideenzweige zu beobachtende erhebliche Dicke des Siphonalrohres weitere Anhaltspunkte, und vielleicht hat Hyatt[1]) nicht ganz unrecht, wenn er in dieser Hinsicht die Urform der *Ammonoidea* in der Nähe der tiefsilurischen Endoceraten mit ihren voluminösen Siphonalbildungen vermutet. Wahrscheinlich haben wir es aber auch hier kaum mit einer einheitlichen Entstehung zu tun, sondern vielmehr mit einer polyphyletischen, wie sie im kleinen oben für die Ammoniten gezeigt werden konnte.

IV. Nachwort.

Zum Schluß möchte ich der Bitte Ausdruck geben, die vorliegende Studie so auffassen zu wollen, wie sie gemeint ist, nämlich als eine teilweise Wiedergabe der ersten vorläufigen Resultate von Untersuchungen, die ich selbst in der Folge noch weiter auszubauen gedenke. Sodann spreche ich Herrn Professor Dr. Wedekind meinen verbindlichsten Dank dafür aus, daß er mittelbar die Anregung zu dieser Arbeit gab und mir zu deren Durchführung in bereitwilligster Weise die reichen Materialien seines Institutes zur Verfügung stellte.

---

1) A. Hyatt, Fossil Cephalopods of the Museum of Comparative Zoölogy. Embryology. Bull. of the Mus. of Compar. Zoöl. Vol. III. 1874, S. 93.

Eingegangen am 14. IV. 1920.

Die Verwendung des Maßes des Verdachtes auf systematische Fehler in der experimentellen Pädagogik.

Von S. Valentiner.

Die Herren Richarz und Neumann[1]) haben vor einiger Zeit ein Maß des Verdachts auf systematische Fehler angegeben und legen der Feststellung dieses Maßes fünf verschiedene Fehlerkriterien zu Grunde. Ich möchte im Folgenden kurz auf einen Fall hinweisen, in dem es sich um das Problem der Festsetzung eines ganz ähnlichen Maßes handelt und der m. E. in Anlehnung an jene Theorie von Richarz und Neumann behandelt werden sollte. Er bietet außerdem insofern einiges Interesse, als bei dieser Anwendung das 4. Fehlerkriterium eine Rolle spielt, das in physikalischen Betrachtungen seltener benutzt wird.

Das Problem gehört der experimentellen Pädagogik an. Dort handelt es sich häufig um die Aufgabe, festzustellen und zwar möglichst zahlenmäßig festzustellen, eine wie enge Beziehung zwischen zwei Begabungen einer Reihe von Schülern besteht, z. B. zwischen der Begabung für Mathematik und der Begabung für Musik. Stimmt die Reihenfolge der nach den Leistungen in der Mathematik geordneten Schüler überein mit der Reihenfolge der Schüler, die nach den Fähigkeiten in der Musik, natürlich unter Berücksichtigung ihrer Ausbildung, geordnet sind, so wird man auf eine sehr enge Beziehung zwischen den Begabungen für Mathematik und Musik schließen. Sind größere Abweichungen vorhanden, so ist eine weniger enge Beziehung anzunehmen. Den Grad oder ein Maß der Enge der Beziehung zwischen zwei Begabungen angeben zu können, wird als von großer Wichtigkeit für psychologisch-pädagogische Studien bezeichnet. Die Lösung dieser Aufgabe wird in der sogenannten „Korrelationslehre“ und „Korrelationsrechnung“ der psychologischen Pädagogik[2]) angestrebt. Auf ein Maß werden wir leicht geführt, wenn wir unser Beispiel der Vergleichung von Begabung für Mathematik und Musik in folgender Weise etwas weiterführen. 10 Schüler, ihrer Begabung in Mathematik nach geordnet, seien durch die Abkürzungen A_1, A_2, ... A_{10} bezeichnet; die Reihenfolge derselben Schüler nach ihren musikali-

---

1) F. Richarz u. E. Neumann, „Über ein Maß des Verdachtes auf systematische Fehler.“ Universitätsprogramm Marburg 1909. — Vgl. auch: Zs. f. phys. Chemie. 86, Heft 3, S. 714—724, 1914.

2) Vgl. z. B. G. Deuchler, „Über die Methoden der Korrelationsrechnung in der Pädagogik und Psychologie“. Zs. f. päd. Psych. u. exper. Pädagogik. 15, S. 114. 1914.

schen Fähigkeiten sei: A_5 A_4 A_2 A_1 A_7 A_6 A_8 A_3 A_{10} A_9. Wir wollen die Stärke der musikalischen Begabung durch obere Indices kennzeichnen, können also die Schülergruppe dann durch die Abkürzungen charakterisieren: A_1^4 A_2^3 A_3^8 A_4^2 A_5^1 A_6^6 A_7^5 A_8^7 A_9^{10} A_{10}^9. Wir vergleichen nun jeden Schüler dieser Reihe mit jedem der in der Reihe folgenden und schreiben als Resultat der Vergleichung ein Plus-, bezw. ein Minuszeichen an, wenn die oberen Indices mit den unteren steigen, bezw. wenn sie sich entgegengesetzt verhalten. Danach hätten wir bei Vergleich des Schülers A_1^4 mit den folgenden Schülern 6 Plus-, 3 Minuszeichen zu notieren; bei Vergleich des Schülers A_2^3 mit den auf A_2^3 folgenden 6 Plus-, 2 Minuszeichen, u. s. f. Im Ganzen ergibt der in dieser Weise durchgeführte Vergleich 32 Plus-, 13 Minuszeichen. Würden gleichviel Plus- wie Minuszeichen sich ergeben haben, so wäre völlige Unabhängigkeit der Begabung in Mathematik und Musik anzunehmen; 45 Plus-, 0 Minuszeichen würde völlige Abhängigkeit dartun, der stärkste Verdacht auf eine systematische Beziehung wäre vorhanden. Es liegt nun nahe, als Maß der Abhängigkeit einfach die Anzahl der Pluszeichen oder auch die Differenz der Plus- und Minuszeichen, dividiert durch die Gesamtheit der Vorzeichen anzugeben. In den Fällen, in denen die Gesamtheit der Vorzeichen gleich ist, kann in der Tat die Zahl der Pluszeichen den Grad der Abhängigkeit eindeutig zahlenmäßig bestimmen; einer größeren Zahl von Pluszeichen wird ein höherer Grad von Abhängigkeit entsprechen. Für die Fälle, in denen die Gesamtheit der Vorzeichen verschieden ist, tritt aber die Frage auf, ob wohl durch die Division der Pluszeichenzahl durch die Gesamtzahl der Vorzeichen die Gesamtzahl in richtiger Weise berücksichtigt wird, oder mit anderen Worten, ob ein stichhaltiger Grund dafür vorliegt, dem gleichen Quotienten von Pluszeichenzahl und Gesamtzahl den gleichen Grad der Abhängigkeit auch bei verschiedener Gesamtzahl zuzuordnen. Wie wir sehen werden, ist eine derartige Zuordnung vom Standpunkt der Theorie von Richarz und Neumann über das Maß des Verdachts auf systematische Fehler in der Tat nicht zulässig, jenes Maß also irreführend. Auf das vorliegende Problem ist aber diese Thorie unmittelbar anwendbar, sofern man nur das Maß des Verdachts selbst als Maß der Abhängigkeit zweier Begabungen einführt. Im obigen speziellen Beispiel ist dieser Theorie entsprechend das Maß in folgender Weise zu definieren: Als Maß der Abhängigkeit (bezw. des Verdachts) ist die Wahrscheinlichkeit dafür anzusehen, daß die Vorzeichensumme (Differenz der Anzahl an positiven und negativen Zeichen) in dem Resultat einer Versuchsreihe oder Konstellation, die mit zufälligen Fehlern behaftet sein soll, kleiner ist als die Vorzeichensumme im Resultat der beobachteten Ver-

suchsreihe. Als Wert $\mathfrak{W}$ dieser Wahrscheinlichkeit erhält man bei 32 Plus- und 13 Minuszeichen, also wenn die Vorzeichensumme s = 19 und die Gesamtzahl n = 45 ist,

$$\mathfrak{W} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int^{\frac{s-1}{\sqrt{2n}}} e^{-z^2} dz = 0.993.^{1)}$$

0.993 wäre somit die Maßzahl der Abhängigkeit der beiden Begabungsarten. Damit wäre ein eindeutiges Maß für alle solche Fälle der experimentellen Pädagogik gewonnen, ein Maß, welches einen gewissen Anspruch auf innere Begründung machen kann. Da eine große Zahl der Resultate der Korrelationsrechnung in der Pädagogik und Psychologie auf Vorzeichensummen hinauslaufen, möchte dieses Maß für die Korrelationsrechnung von Wichtigkeit sein.

Eine weitere Frage ist freilich die, ob dieses Maß gerade in den pädagogisch-praktischen Fällen sehr b e q u e m ist. Zur Berechnung von $\mathfrak{W}$ kann man ohne geeignete Tabellen, die z. B. zu den verschiedenen Argumenten $\frac{s-1}{\sqrt{2\,n}}$ die zugehörigen $\mathfrak{W}$ angeben, nur schwer auskommen; dazu kommt, daß für Argumente zwischen 2.0 und unendlich der Wert von $\mathfrak{W}$ zwischen 0.995 und 1 liegt, daher bei Angabe des Maßes im Fall eines Argumentes > 2.0 schon bei geringen Ansprüchen an Genauigkeit recht ausführliche Tabellen benutzt werden müssen. Das ist umständlich. Es möchte daher sich empfehlen, als Maß der Abhängigkeit einfach d a s A r g u m e n t s e l b s t zu nehmen, durch das $\mathfrak{W}$ bestimmt wird, oder dann statt $\frac{s-1}{\sqrt{2\,n}}$[2]) sinngemäß $\frac{s}{\sqrt{2\,n}}$. Die Größe dieses Maßes schwankt zwischen 0 und $\sqrt{n/2}$, also da n beliebig groß sein kann, zwischen 0 und unendlich. Es wäre falsch, das Maß dadurch auf das Intervall 0 bis 1 überführen zu wollen, daß man die durch das Argument definierte Maßzahl durch $\sqrt{n/2}$ dividiert, sodaß wir auf das Maß $\frac{s-1}{n}$, oder das von anderer Seite[3]) vorgeschlagene, oben genannte Maß $\frac{s}{n}$ kommen würden. Daß und inwiefern die Angabe dieses Maßes auf Resultate führen würde, die

1) Vgl. die Funktionentafeln von Jahnke und Emde (spez. „das Fehlerintegral“), Teubner 1909, und Richarz u. Neumann, a. a. O.

2) Für s = 0 ist für das Argument der Wert 0 zu setzen, vgl. Richarz u. Neumann, a. a. O.

3) G. Deuchler, a. a. O

denen zuwiderlaufen, die sich auf Grund des gut begründeten Richarz-Neumann'schen Kriteriums ergeben, zeigt übersichtlich die folgende Zusammenstellung der verschiedenen Maßzahlen für zwei getrennte Beobachtungsreihen mit verschiedenen n-Werten, bei denen sich die s-Werte wie die n-Werte verhalten:

1) $n = 10, \; s = 2$, daher $\frac{s}{n} = 0.20, \quad \frac{s}{\sqrt{2n}} = 0.45,$

$$\frac{s-1}{\sqrt{2n}} = 0.22, \quad \mathfrak{B} = 0.24$$

2) $n = 100, \; s = 20$, daher $\frac{s}{n} = 0.20, \quad \frac{s}{\sqrt{2n}} = 1.41,$

$$\frac{s-1}{\sqrt{2n}} = 1.35, \quad \mathfrak{B} = 0.94$$

Während also das Maß $\frac{s}{n}$ in beiden Fällen die gleiche Abhängigkeit zwischen den Begabungen feststellt, läßt das Maß von Richarz und Neumann bezw. auch das durch das Argument definierte Maß im zweiten Fall eine viel engere Beziehung zwischen den Begabungen erwarten als im ersten Fall, was auch eine einfache Überlegung mit Rücksicht darauf ergibt, daß der mittlere Fehler bei wachsendem n nur proportional $\sqrt{n}$ wächst. Danach ist die Abhängigkeit mit größerer Sicherheit erwiesen, wenn 60 Pluszeichen 40 Minuszeichen gegenüberstehen, als wenn 6 Pluszeichen 4 Minuszeichen gegenüberstehen. Es empfiehlt sich daher bei Einführung solcher Maße wie des Maßes der Abhängigkeit dem Vorgang von Richarz und Neumann zu folgen, bei dem die Gesamtzahl der Vorzeichen in richtiger Weise berücksichtigt wird.

Die vorstehenden Bemerkungen dürften von neuem die allgemeine Bedeutung jener Theorie dartun.

Clausthal, Phys. Inst. d. Bergakademie, März 1920.

Ernst Frey:

Die Zuckung des Skelettmuskels und Herzens auf Grund von Stoffwechselvorgängen.

Wenn wir auch noch nicht über die Einzelheiten des Ablaufes der Stoffwechselvorgänge im Muskel orientiert sind, so erscheint es doch in hohem Grade wahrscheinlich (siehe Hill[1] und von Fürth[2]), daß bei der Zusammenziehung die Milchsäure eine Rolle spielt, und zwar die der causa movens, und daß die Milchsäure durch den Reiz aus einer Muttersubstanz entsteht. Während der Erholung des Muskels, während des Wiederaufbaues potentieller Energie, wird dann die Milchsäure wieder zu ihrer Vorstufe regeneriert, und zwar durch Koppelung mit Oxydationsreaktionen, welche dazu die nötige Energie liefern. Die Zuckung selbst ist dabei ein Vorgang, der ohne Verbrauch von Sauerstoff vor sich geht, und der wahrscheinlich auf einer Veränderung der Oberflächenspannung oder des Quellungszustandes kleiner Teilchen durch die Säure beruhend zu einer Entwicklung von Spannung führt, die nun die Formveränderung des Muskels bedingt.

Es fragt sich nun, ob es gelingt, aus dieser Vorstellung von den Stoffwechselvorgängen sich ein Bild von dem Verlauf der Kontraktion des Muskels zu machen. Und es soll im folgenden versucht werden, ob sich aus diesen Stoffwechselvorgängen die Erscheinungen am Muskel und Herzen ableiten lassen.

I. Einzelzuckung, Tetanus und tonische Kontraktur.

Wenn durch einen Reiz aus der aufgehäuften Milchsäuremuttersubstanz die Milchsäure in Freiheit gesetzt wird, so wird nun unter dem Einfluß der Milchsäure — sagen wir — der Quellungszustand einer Anzahl kleiner Teilchen vergrößert; es strömt also jetzt unter der Säurewirkung Wasser in die quellenden Teilchen ein, und zwar entsprechend der Säuremenge (etwa proportional) mit einer bestimmten Geschwindigkeit. Ist schon etwas Wasser eingeströmt, so kommt für die Geschwindigkeit des Vorganges gewissermaßen die Menge Milchsäure in Abzug, welche schon „ihr“ Wasser erhalten hat. Außerdem wird aber die Milchsäure physiologisch bedeutungslos, indem sie teils wieder zu Milchsäuremuttersubstanz aufgebaut wird, teils auch wohl durch das Alkali des Bikarbonates abgesättigt wird. Es findel also sehr schnell ein Verbrauch der Milchsäure statt; und zwat wird dieser Verbrauch am schnellsten vor sich gehen, wenn vier

Milchsäure vorhanden ist, später bei nur noch wenig Milchsäure langsamer. — Der Zuckungsverlauf würde also durch die Gleichung der Geschwindigkeit dieses Vorganges gegeben sein: die in der kleinen Zeit *dt* einströmende Menge Wasser *dx*, dividiert durch die kleine Zeit, also die Geschwindigkeit des Einströmens *dx dt* ist gleich einem Geschwindigkeitsfaktor *K* mal der Milchsäure *L*, die immer um das schon eingeströmte Wasser (in entsprechendem Maße gemessen) vermindert wird. Außerdem nimmt die Milchsäure *L* erst schnell, dann langsam ab, also etwa immer in derselben Zeit um denselben Prozentsatz der noch vorhandenen Menge; dann ist die jeweils noch vorhandene Milchsäuremenge gleich *L* mal e^{-ct}, wenn *c* eine Konstante und *t* die Zeit bedeutet. Es lautet also unsere Geschwindigkeitsgleichung $dx/dt = K(Le^{-ct} - x)$ oder integriert: $x = \frac{KL}{K-c}(e^{-ct} - e^{-Kt})$; wir können dann die jeweils vorhandene Menge Quellungswasser errechnen, und erhalten so ein Bild der Zuckung. (Ist von früher noch ein Verkürzungsrückstand übrig geblieben, so kommt jeweils eine schnell abnehmende Größe ae^{-Kt} dazu; deswegen sieht man manchmal während des Anstiegs der Herzkurven einen Rückfall.) Es verläuft also der Vorgang zuerst schnell, dann langsamer, erreicht nun einen Gipfel und geht später in umgekehrter Richtung von statten; etwa so wie die Lösung eines Salzes in einer bestimmten Menge kochenden Wassers, erst wird die Lösung schnell vor sich gehen, dann nur dem Sättigungsdefizit entsprechend langsamer und später wird wegen der erfolgten Verdunstung des Wassers wieder Salz ausfallen; oder etwa so wie die Erwärmung eines Gefäßes mit kaltem Wasser, welches man in ein größeres mit warmem Wasser hineinstellt, während das letztere auskühlt; dann wird der Temperaturdifferenz entsprechend erst die Temperatur innen steigen, später wieder fallen.

Auf den Muskel übertragen heißt dies: erst steigt die Verkürzungskurve schnell an, dann langsamer, erreicht einen Gipfel und fällt allmählich wieder ab, und zwar später recht langsam (= Verkürzungsrückstand); in der Tat nimmt die Znckungskurve diesen Verlauf. Auffällig ist dabei das Unzweckmäßige, Unökonomische des Vorganges, indem die vorhandene Milchsäure für die Entwicklung von Kraft gar nicht ausgenutzt wird, da ihr Verbrauch sofort nach ihrer Enstehung, schon während der Zuckung selbst einsetzt. Aber eine solche Einzelzuckung am Muskel ist nur ein Laboratoriumsexperiment, während der Körper immer mit tetanischen Erregungen arbeitet, d. h. mit vielen sich schnell folgenden Reizen: dann wird gradesoviel Milchsäure zer-

setzt, wie der Muskel in der Zeiteinheit an Milchsäuremuttersubstanz bildet, und die Milchsäure auf dem größtmöglichen Niveau eine Zeit lang gehalten, freilich unter einer Höchstleistung des Stoffwechsels; daher fällt die tetanische Zuckung so viel höher aus, erschöpft aber die Kräfte des Muskels weit mehr. Außer diesem Vorgang gibt es noch eine Dauerkontraktion, z. B. bei der Tätigkeit des Schließmuskels der Muschelschalen; eine solche Kontraktur verläuft ohne Stoffverbrauch und ohne die elektrischen Erscheinungen, welche sonst der Muskel bei seiner Tätigkeit bewirkt. Dort fehlt offenbar der Verbrauch der Milchsäure durch Rückbildung derselben zur Muttersubstanz, und der zusammengezogene Muskel gleicht einem elastischen Band, welches unter dem Einfluß der einmal entwickelten und bestehen bleibenden Milchsäure eine neue Elastizität aufweist.

Zuckungskurve: x nach $^1/_2$, nach 1, nach $1^1/_2$ u. s. w., bei $L = 10$; $c = 1$; $K = ^1/_2$: 1,72—2,53—2,49—2,32—2,04—1,73—1,43—1,17—0,95—0,76. Ohne Verbrauch der Milchsäure: 2,22—3,94—5,28—6,33—7,14—7,72—8,27—8,65—8,95—9,18.



Einzelzuckung mit u. ohne Verbrauch der Milchsäure.

II. Wiederaufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei der Muskeltätigkeit und dem Herzschlage.

Aber es gibt einen Fall, wo der Organismus dauernd mit Einzelzuckungen arbeitet; dies ist der Herzschlag. Wenn wir den Vorgang der Einzelzuckung ökonomischer gestalten wollten, so würden wir den Verbrauch der Milchsäure hinausschieben, sie nicht so schnell in ihre Vorstufe wieder zurüchführen, dann würden wir einerseits die einmal entwickelte Milchsäure besser ausnutzen, andererseits aber für eine neue Beanspruchung des Muskels nicht so schnell wieder Milchsäuremuttersubstanz bereit halten, sodaß ein dem ersten Reiz schnell folgender zweiter Reiz (oder gar eine tetanische Reizfolge) nur ungenügende Mengen von Milchsäuremuttersubstanz vorfinden würde, oder gar keine, die er zu Milchsäure zersetzen könnte. So arbeitet das Herz. Es vermeidet den unzweckmäßig raschen Verbrauch der Milchsäure, der causa movens, hat aber kurz nach Beginn seiner Zuckung für einen neuen Reiz noch keine Milchsäuremuttersubstanz in Bereitschaft, ist refraktär einem neuen Reiz gegenüber und bildet erst nach Erreichen des Gipfels allmählich steigende Mengen davon, sodaß ein künstlicher Reiz immer größere

Extrazuckungen auslöst, je später er nach dem Gipfel das Herz trifft. Gleichzeitig erweist sich ein immer schwächerer Reiz wirksam, und man spricht von einem Stadium der zunehmenden Erregbarkeit, während man das erste Stadium die absolut refraktäre Phase des Herzens nennt, in der auch der stärkste elektrische Reiz unbeantwortet bleibt. Daher scheint die Erregbarkeit des Herzens von der Menge der angehäuften potentiellen Energie, von der Menge Milchsäuremuttersubstanz abhängig zu sein; je mehr Milchsäuremuttersubstanz schon aufgestapelt ist, ein desto schwächerer Reiz genügt, um sie zu zersetzen, und desto höher werden auch die Zusammenziehungen des Herzens. Es findet also Hand in Hand gehend eine allmähliche Zunahme der Erregbarkeit und der Kontraktilität statt, beruhend auf der zunehmenden Menge der Milchsäurevorstufe.

III. Verlauf des Wiederaufbaus der Milchsäuremuttersubstanz.

Wenn wir rechnerisch den Wiederaufbau verfolgen wollen, so können wir dies nur angenähert, deswegen, weil wir über die chemischen Umsetzungen nicht unterrichtet sind; also z. B. nicht darüber, wieviel Moleküle sich an der Reaktion beteiligen. Wohl aber wissen wir ihre Bedeutung dem Sinne nach, welche Vorgänge fördernd und welche hemmend wirken. Und wir können uns ein Bild von dem Wiederaufbau machen, indem wir annehmen, daß der Wiederaufbau selbst und die energieliefernden Oxydationen und ihre Hemmungen so eng gekoppelt wären, als sei es eine Reaktion. Dann ist die Gesamtgeschwindigkeit gleich der Differenz der Geschwindigkeiten der beiden entgegengesetzt verlaufenden Reaktionen, so wie bei einer unvollständig verlaufenden Reaktion. Jede einzelne Reaktionsgeschwindigkeit ist proportional dem Produkt aus den Konzentrationen der daran beteiligten Moleküle; hier kennen wir häufig nur eine Sorte und wissen über den Partner nichts. Und so können wir unsere Ableitungen nur dem Sinne nach zutreffend betrachten, nicht aber der Größe nach, d. h. wenn wir die Milchsäuremuttersubstanz größer finden als vorher, so trifft dies zu, aber die Zunnahme kann in Wirklichkeit größer oder kleiner sein als die errechnete. Eine zweite Einschränkung müssen wir machen: die Koppelung ist zu eng, da wir alle Vorgänge in eine reversibel verlaufende Reaktion zusammenfassen. Wenn wir also anfangs negative Werte für die Milchsäuremuttersubstanz finden, so würden zu dieser Zeit die Oxydationen in umgekehrter Richtung verlaufen wollen, also selbst Energie verbrauchen und nicht liefern; dies

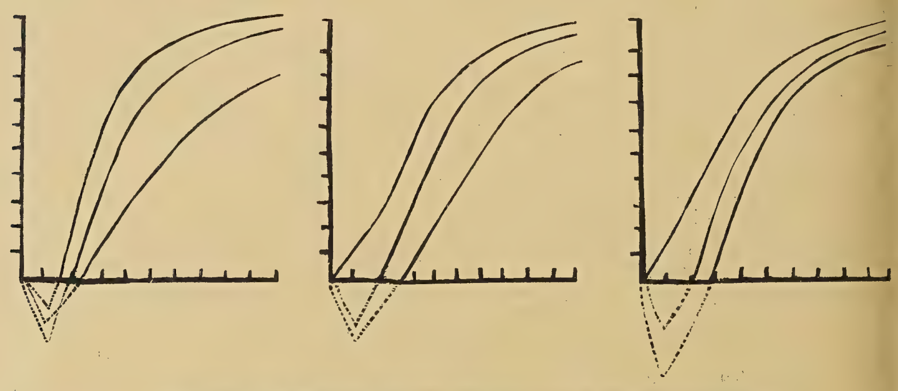
heißt aber, daß der Aufbau noch gar nicht in Gang gekommen ist, weil noch keine Oxydationen vor sich gehen, welche die Energie dazu liefern müssen. Bei diesen Einschränkungen ist aber der Gebrauch eines Reaktionsschemas ohne Bedenken, und er wird uns eine Reihe von Erscheinungen abzuleiten gestatten, welche sonst einer Erklärung unzugänglich sind. — Wir verfolgen also den Wiederaufbau der Milchsäuremuttersubstanz so, als handele es sich um eine Reaktion, bei der wir alle unbekannten Molekülkonzentrationen in der Geschwindigkeitskonstanten mit zusammenfassen. Der Wiederaufbau wird nun schnell von statten gehen, wenn viel Milchsäure da ist, langsamer, wenn schon viel Milchsäure zu der Muttersubstanz aufgebaut ist. Es wird also die Geschwindigkeit des Aufbaus, die in der kleinen Zeit dt aufgebaute Menge dx, dividiert durch diese Zeit, also dx/dt gleich einer Geschwindigkeitskonstanten sein, gleich K_1 mal der noch nicht aufgebauten Menge des verfügbaren Gesamtmaterials, also gleich $K_1(G - x)$. Ich[3] habe früher gezeigt, daß jede Kontraktion eine Schädigung der folgenden zurückläßt, die um so größer ist, als die Zuckung war. Da aber die Entladung kein oxydativer Vorgang ist, der Schlacken für die folgende Oxydation zurückließe, so muß das Bindeglied erst festgestellt werden, ehe von einer Hemmung gesprochen werden darf: dies ist die durch die Milchsäure in Freiheit gesetzte Kohlensäure, welche als Abbauprodukt der Verbrennungen die Oxydationen hemmt. Wir müssen also als hemmend die CO_2 der vorigen Zuckung, d. h. einen der Milchsäuremenge der vorigen Zuckung entsprechenden Betrag einsetzen, und wir tun dies in der Weise, daß wir wie bei einer nur unvollständig verlaufenden Reaktion die Geschwindigkeit der entgegengesetzt verlaufenden Reaktion von der ersten abziehen; wir vermindern also unsere oben definierte Geschwindigkeit um die der entgegengesetzt verlaufenden Reaktion, welche proportional der CO_2-Konzentration ist, also gleich K_2 mal H (= Höhe der vorhergehenden Zuckung). Diese CO_2 nimmt nun durch Abdiffundieren ins Blut hinein ab und zwar wohl entsprechend ihrer Menge, sodaß also jeweils He^{-mt} vorhanden ist, wenn m eine Konstante und t die Zeit bedeutet. Die Gleichung für die Geschwindigkeit des Wiederaufbaus lautet also $dx/dt = K_1(G - x) - K_2He^{-mt}$ oder integriert:

$$x = G(1 - e^{-K_1t}) - \frac{K_2H}{K_1 - m}(e^{-mt} - e^{-K_1t}).$$

Bei dem Herzschlage, der immer zur Zeit 5 erfolgen möge, berechnen wir dann immer wieder von neuem die Milchsäuremuttersubstanz z. Z. 5.

Wir nehmen als normal für den Herzschlag an: $G = 10$; $K_1 = 0{,}75$; $K_2 = 2$; $m = 0{,}5$. Die Größe H, die von der Zuckung zurückbleibende CO_2, muß bei gleichmäßigen Herzschlägen dauernd nach der Zeit 5 dieselbe Größe haben; sie setzt sich zusammen aus der Menge Milchsäure der vorhergehenden Zuckung (in entsprechendem Maße gemessen) und der CO_2, die noch von der zweitfrüheren Zuckung zurückblieb. In unserem Beispiel ist x z. Z. 5 gleich 6,45; dies ist also die Menge Milchsäuremuttersubstanz für den Herzschlag. Diese Zahl gibt auch die Menge freiwerdender CO_2 an, sie muß vergrößert werden um die noch nicht abdiffundierte CO_2 dieser Periode, in unserem Falle um 7,03 mal $e^{-5 \cdot 0,5}$, also um 0,58; dies ergibt $6{,}45 + 0{,}58 = 7{,}03$. Setzt man diese Zahl für H in unsere Gleichung ein, so wird x z. Z. 5 gleich 6,45; wir haben also dann eine gleichmäßige Folge von Herzschlägen (was ausprobiert wurde).

Der Verlauf, den eine solche Kurve nimmt, ist der, daß anfangs die Werte für x negativ sind, d. h. wie wir sahen, daß der Aufbau noch nicht in Gang gekommen ist (= absolut refraktäre Phase des Herzens); dann steigt sie schnell in die Höhe (= Stadium der zunehmenden Erregbarkeit), um dann nach der Horizontalen umzubiegen, also sehr wenig zu steigen. Verändert man nun die Konstanten, so erhält man verschiedene Kurven, und zwar steigen sie schneller, wenn die fördernden Prozesse größer werden, langsamer, wenn z. B. die CO_2 größer wird oder schlechter abdiffundiert.



Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei wechselnder
Abdiffusion der CO_2 Aufbaugeschwindigkeit Oxydation

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz: $x =$ (z. Z. 1, 2 u. s. f.) bei wechselnden Konstanten. Normal: $G = 10$; $K_1 = 0{,}75$; $K_2 = 2$; $m = 0{,}5$; —2,36; —0,38; +2,31; +4,27; 6,45; 7,70; 8,54; 9,08; 9,44; 9,66. ($H = 7{,}03$ bei Reiz im Intervall 5 konstant.) Bei verschiedenem m: $m = 0{,}25$: —1,50; —0,69; +0,95; +2,48; 3,94; 5,21; 6,24; 7,05; 7,68; 8,19. ($H = 5{,}52$ bei Reiz im Intervall 5 konstant). — —$m = 1{,}0$: —2,09; +1,69; +5,15; 7,29; 8,59; 9,27; 9,60; 9,84; 10,00: 10,00. ($H = 8{,}64$ bei Reiz im Intervall 5 konstant.) — Bei wechselndem K_1: $K_1 = 0{,}4$: —2,29; —1,83; —0,12; +2,12; +4,02; 5,51; 6,58; 7,58; 8,24; 8,77. ($H = 4{,}37$ bei Reiz im Intervall 5

konstant). — $-K_1 = 1,6$: $+2,79$; $+5,11$; 6,23; 8,02; 8,72; 9,20; 9,50; 9,69; 9,81; 9,90. ($H = 9,5$ bei Reiz im Intervall 5 konstant). — Bei wechselndem K_2: $K_2 = 1$: $+0,75$; $+2,86$; 4,96; 6,62; 7,77; 8,57; 9,10; 9,44; 9,66; 9,80. ($H = 8,46$ bei Reiz im Intervall 5 konstant.) — $-K_2 = 3$; $-4,19$; $-2,67$; $+0,45$; $+3,38$; 5,52; 6,97; 8,15; 8,83; 9,28; 9,57. ($H = 6,00$ bei Reiz im Intervall 5 konstant).

Und doch ist der allgemeine Charakter verschieden, je nach der Größe, welche variiert: bei verschiedener Abdiffusion der CO_2 schneiden sie fast gleichzeitig die Nullinie und streben dann auseinander, bei verschiedener Stärke der Oxydationen streben sie von verschiedenen Schnittpunkten mit der Nullinie nach einem Punkte zusammen und bei verschiedener Aufbaugeschwindigkeit laufen sie ungefähr parallel gegeneinander verschoben. Es ist also die Steilheit des Anstieges ganz verschieden, je nach der Größe, welche variiert, ein Verhalten, welches uns später noch bei der autonomen Reizbildung beschäftigen wird. Bei sehr schnellem Aufbau fehlt auch der negative, unter der Nullinie liegende Teil der Kurve, sie steigt gleich von der Zeit 0 an in die Höhe; dies würde das Verhalten des willkürlichen Muskels wiedergeben, bei dem eine Refraktärzeit fehlt.

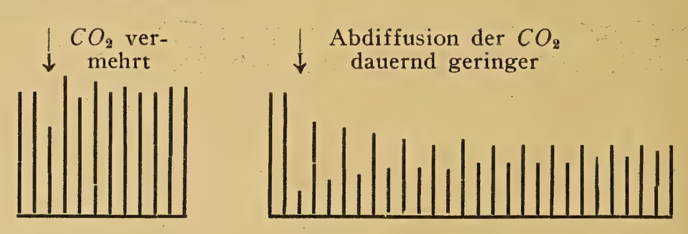
IV. Änderungen der Herztätigkeit durch rechnerische Änderungen der Stoffwechselvorgänge.

Sollen immer gleich große Herzschläge aufeinander folgen, so muß die Menge CO_2, also die Höhe der Zuckung + restierender (noch nicht abdiffundierter) CO_2 immer nach der Zeit 5 gleich groß sein und abgestimmt auf die Größe der Zuckung. Es handelt sich also bei einem Dauerzustand um ein wohlabgewogenes Gleichgewicht. Wird nun der Herzschlag dauernd gefährdet, wenn plötzlich einmal aus irgend einem Grunde viel Kohlensäure vorhanden ist? Wir setzen in einer Reihe regelmäßiger Herzschläge plötzlich in unserer Gleichung die CO_2-Menge statt 7,03 etwa gleich 10 und berechnen nun die folgenden Herzschläge, indem wir immer in Perioden von der Zeit 5 die Größe x aus aus den sich fortlaufend ergebenden Zahlen berechnen.

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz in Intervallen von der Zeit 5 (Konstanten: $G = 10$; $K_1 = 0,75$; $K_2 = 2$; $m = 0,5$): 6,45; 6,45; jetzt CO_2 plötzlich = 10; Milchsäuremuttersubstanz dann: 5,05; 7,00; 6,24; 6,54; 6,42; 6,47; 6,44; 6,46, 6,45; 6,45.

Der nächste Herzschlag nach der Kohlensäurevermehrung ist also abnorm klein, der zweite etwas größer als der normale und bald ist der alte Dauerzustand wieder erreicht: das Herz pendelt sich auf sein altes Niveau wieder ein. Dieser Pulsus alternans kommt dadurch zustande, daß der abnorm kleine Herzschlag auch

sehr kleine Mengen von CO_2 hinterläßt, die den zweiten Schlag nach der Störung schädigen, und zwar in abnorm geringem Grade, sodaß er größer wird als ein normaler. Dasselbe geschieht, wenn wir plötzlich die Menge CO_2 vermindern, nur ist jetzt der erste Herzschlag nach der Störung abnorm groß und der zweite abnorm klein.



Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei plötzlicher Verminderung der CO_2 (Konstanten: $G = 10$; $K_1 = 0{,}75$; $K_2 = 2$; $m = 0{,}5$; Intervall 5): 6,45; 6,45; CO_2 jetzt statt 7,03 gleich 5; Milchsäuremuttersubstanz: 7,41; 6,09; 6,64; 6,38: 6,48; 6,44; 6,46; 6,45.

Es besitzt also das Herz in seinen Stoffwechselvorgängen eine Selbstregulierung: unter abwechselnd großen und kleinen Pulsen erreicht es wieder seinen alten Dauerzustand. Und bei der tatsächlichen Beobachtung finden wir diese errechneten Verhältnisse wieder: es tritt Pulsus alternans sehr häufig im Übergangsstadium auf. Diese Verhältnisse wiederholen sich nun immer wieder, wenn wir die Abdiffusion, also m ändern, oder die Größe der Oxydationen (K_2), nur daß bei einer dauernden Änderung einer Konstanten nicht das alte Niveau der Herzschläge wieder erreicht wird, sondern ein neues dauernd innegehaltenes, und das Pendeln erfolgt um die neue Gleichgewichtslage.

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei wechselndem m (Konstanten: $G = 10$; $K_1 = 0{,}75$; $K_2 = 2$; $m = 0{,}5$): 6,45; 6,45; jetzt $m = 0{,}3$: 3,58; 5,20; 4,13; 4,80; 4,41; 4,66; 4,50; 4,60; 4,53; 4,60; 4,53. — —m wird größer: 6,45; 6,45; jetzt $m = 1{,}0$: 8,81; 8,57; 8,60; 8,59; 8,59; 8,59. — —m wird sehr klein: 6,45; 6,45; jetzt m 0,2: 1,46; 4,88; 1,84; 4,54; 2,16; 4,26; 2,40; 4,05; 2,58; 3,89; 2,72; 3,76; 2,85; 3,65; 2,94; 3,56; 3,02; 3,49; 3,09; 3,44; 3,12; 3,41; 3,15; 3,39; 3,16; 3,37. — —K_1 nimmt zu: 6,45; 6,45; jetzt $K_1 = 1{,}0$: 7,80; 7,45; 7,47; 7,47. — —K_1 wird kleiner: 6,45, 6,45; jetzt $K_1 = 0{,}6$: 5,04; 5,86; 5,41; 5,66; 5,51; 5,61; 5,55; 5,58; 5,56, 5,57; 5,57. — —K_2 nimmt ab: 6,45; 6,45; jetzt $K_2 = 1$: 8,11; 7,72; 7,78, 7,77; 7,77. — —K_2 nimmt zu: 6,45; 6,45; jetzt $K_2 = 3$: 5,87; 5,23; 5,69; 5,41, 5,58; 5,47; 5,54; 5,50; 5,53; 5,51; 5,52; 5,52. — —K_2 nimmt stark zu: 6,45, 6,45; jetzt $K_2 = 5$: 1,47; 7,35; 1,01; 7,86; 0,34; 8,59; —. — — Änderung des Intervalles: 6,45; 6,45; jetzt Intervall = 4: 4,27; 5,95; 4,98; 5,50; 5,22; 5,37; 5,29; 5,33; 5,31; 5,32; 5,32. — — 6,45; 6,45; jetzt Intervall gleich 7: 8,54; 8,20; 8.26; 8,25; 8,25.

Etwas Neues bemerken wir aber bei starker Einschränkung der Oxydationen ($K_2 = 5$), es wird der Unterschied der beiden

aufeinander folgenden Herzschläge nicht immer kleiner, sondern der kleinere Herzschlag nimmt immer mehr ab, bis er schließlich verschwindet; wir begegnen solchen Verhältnissen z. B. bei der Digitalisvergiftung, wo häufig jeder zweite Herzschlag dauernd kleiner wird, bis er ausfällt, und nun Frequenzhalbierung eingetreten ist. Das Auftreten von Pulsus alternans bei Frequenzvermehrung (also Herabsetzen des Intervalles) hat Hofmann[4] beschrieben, auch in der tatsächlichen Beobachtung stellte sich nach einem vorübergehenden Wechsel der Zuckungshöhen ein neues Niveau ein, ganz so wie hier in der Rechnung.

V. Die Erscheinungen am Herzen.

1. Refraktärzeit und Frequenzhalbierung, Frequenzdrittelung u. s. f.

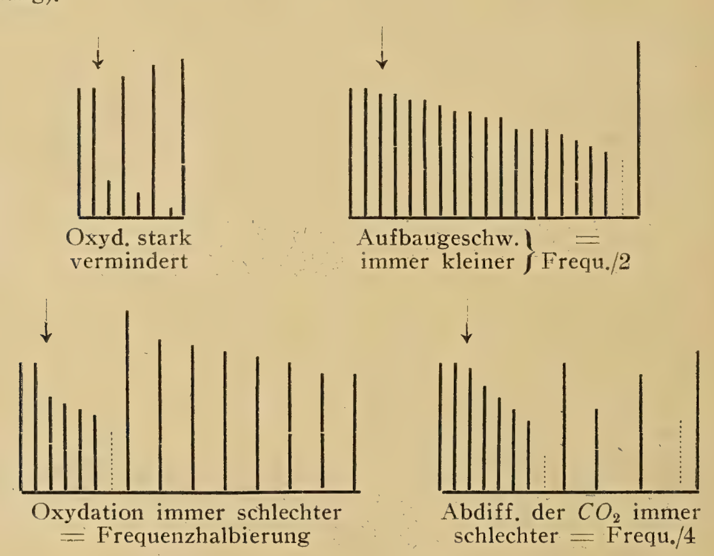
Das Vorhandensein einer Refraktärzeit ging schon oben aus dem Verlauf der Kurven des Wiederaufbaus hervor. Wird nun durch einen Stoff der Wiederaufbau der potentiellen Energie geschädigt, der Wiederaufbau der Milchsäuremuttersubstanz verzögert, so rücken die Kurven des Aufbaus nach rechts, erheben sich später über die Nullinie, sodaß die absolut refraktäre Phase des Herzens verlängert ist; aber auch danach ist gegen die Norm noch weniger Muttersubstanz zur gleichen Zeit nach dem Beginn des Herzschlages gebildet, sodaß ein Reiz, der früher wirksam war, in derselben Phase der Herztätigkeit nun unwirksam sein kann. Für die Antiarinvergiftung hat Straub[5] gezeigt, daß durch eine solche Beeinträchtigung der Stapelung potentieller Energie und der dadurch bedingten Verlängerung der refraktären Phase in einem bestimmten Zeitpunkt der Vergiftung die Grenze des Intervalles zweier Reize überschritten wird, und nun jeder zweite vom Vorhof kommende Reiz in die refraktäre Periode der Kammer fällt und unbeantwortet bleibt = Frequenzhalbierung. Dabei müssen wir annehmen, daß der zugeleitete Reiz eine bestimmte Stärke aufweist (also einer bestimmten Menge Milchsäuremuttersubstanz entspricht), und zwar in der Norm etwas stärker ist als ein Schwellenreiz. Wir setzen ihn in unseren Rechnungen entsprechend einer Menge von Milchsäuremuttersubstanz von 3,5. Ist zur Zeit 5 die aufgestapelte Menge kleiner, so bleibt der Reiz unbeantwortet, der Herzschlag fällt aus; und es geht der Aufbau weiter, sodaß nach Eintritt der Frequenzhalbierung die einzelnen Herzschläge wieder größer werden. Eine solche Verlängerung der Refraktärzeit, eine solche Verzögerung des Wiederaufbaus, die wir bei der Digitalisvergiftung konstatieren, tritt in unseren Rechnungen sowohl bei Beeinträchtigung der Aufbaugeschwindigkeit selbst ein (Abnahme von K_1), wie auch bei Schädigung der

Oxydationen (Zunahme von K_2) wie auch bei Hemmung der Abdiffusion der CO_2 (Verkleinerung von m).

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei abnehmenden K_1 (K_1 vorher in Klammer): (0,75) 6,45; (0,725) 6,29; (0,70) 6,13; (0,675); 5,99 (0,65) 5,86; (0,625) 5,67; (0,6) 5,54; (0,575) 5,25; (0,55) 5,22; (0,525) 4,95; (0,5) 4,86; (0,475) 4,53; (0,45) 4,39; (0,425) 4,01; (0,4) 3,99: (0,375) 3,56; (0,35) 3,51; (0,325) 2,97 (unterschwellig, fällt aus); (0,3) 8,58 (also z. Z. 10). — — (0,75) 6,45; (0,7) 6,04; (0,65) 5,82; (0,6) 5,43; (0,55) 5,08; (0,5) 4,58; (0,45) 4,31; (0,4) 3,65; (0,35) 3,37 (unterschwellig); (0,3) n. d. Z. 10: 7,72; (0,25) —; (0,2) 2,08 (unterschwellig); (0,15) n. d. Z. 15: 4,30; Bildung der Milchsäuremuttersubstanz hört dauernd auf;

bei zunehmendem K_2 (K_2 vorher in Klammer): (2) 6,45; (3) 4,79; (4) 4,70; (5) 3,70; (6) 3,94; (7) 2,70 (unterschw.); (8) 9,18; (9) —; (10) 7,79; (11) —; (12) 7,74; (13) —; (14) 7,38; (15) —; (16) 7,15; (17) —; (18) 6,89; (19) —; (20) 6,67; (21) —; (22) 6,46. — — — (2) 6,45; (5) 1,47 (unterschw.); (8) 8,65; (11) —; (14) 7,08; (17) —; (21) 6,41; (24) —; (27) 5,82; (30) —; (33) 5,36; (36) —; (39) 4,95; (41) —; (44) 4,74; (47) —; (50) 4,28; (53) —; (56) 4,12; (59) —; (62) 3,82; (65) —; (68) 3,73; (71) —; (74) 3,34 (unterschw.); (77) 9,41 (= Frequenzdrittelung);

bei dauernd abnehmendem m (m vorher in Klammer): (0,5) 6,45; (0,45) 6,41; (0,4) 5,19; (0,35) 5,13; (0,3) 4,26; (0,25) 3,84; (0,2) 1,68 (unterschw.); (0,2) 6,84 (0,15) —; (0,15) 3,74; (0,1) —; (0,1) 0,47 (unterschw.); (0,1) 6,19; (0,08) —; (0,08) —; (0,08) 3,31 (unterschw.); (0,08) 6,92 (bis Frequenzviertelung).



Aus diesen Beispielen ersieht man, daß nach Eintritt der Frequenzhalbierung die Pulse wieder größer werden, weil ein längerer Zeitraum (das Doppelte, also in unseren Rechnungen die Zeit 10) dem Aufbau zur Verfügung steht. Verfolgt man den Vorgang noch weiter, so tritt später Frequenzdrittelung u. s. f.

ein. Worauf aber im einzelnen eine solche Vergiftung beruht, können wir aus dem beobachteten Effekt, der Schädigung des Wiederaufbaus nicht erschließen, weil jede Art von Beeinträchtigung dieser Reaktion zu Frequenzhalbierung, -drittelung u. s. w. führt.

2. Pulsus alternans.

Den abwechselnd großen und kleinen Pulsen begegneten wir schon oben in verschiedenen Übergangsstadien und sahen immer vor Erreichen eines neuen Gleichgewichtes ein solches Alternieren der Herzschläge. Einen dauernden Pulsus alternans sah Hofmann[1] bei abwechselnd großen und kleinen Reizpausen.

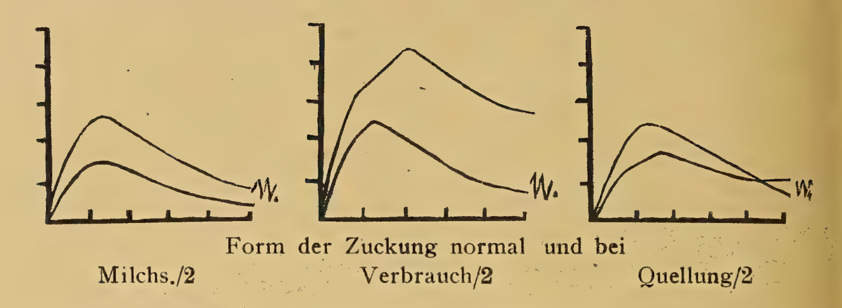
Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei abwechselnd großen und kleinen Reizintervallen (Reiz zur Zeit 5, abwechselnd mit z. Z. 4): 6,45; 4,27; 7,31; 4,24; 7,28; 4,26; 7,27; 4,26; 7,27; 4,26.

Die Durchrechnung eines solchen Falles gibt die tatsächlich beobachteten Verhältnisse wieder. Daß es auch andere Formen des Pulsus alternans gibt, die auf partiellen Kammerzusammenziehungen beruhen, sei nur nebenbei erwähnt; unsere Stoffwechselbetrachtungen können darüber natürlich keine Auskunft geben.

3. Die Form der Kontraktion.

Hofmann[1] hat darauf aufmerksam gemacht, daß die Form der Zuckungskurve bei verschiedenen Schädigungen verschieden ausfällt, daß kleine Kontraktionen nicht immer das Abbild von großen sein müssen. Wenn wir in unserer (zuerst aufgestellten) Zuckungsgleichung die einzelnen Konstanten verändern, so können wir nicht nur den Verlauf großer und kleiner Zuckungen (großes und kleines L, also viel oder wenig Milchsäure) verfolgen, sondern auch den Einfluß des Verbrauches der Milchsäure zu dem Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz für den nächsten Herzschlag ersehen (wechselndes c). Wird der Wiederaufbau geschädigt, so wird während der Zuckung selbst die Milchsäure länger bestehen bleiben, und es resultiert nicht nur eine höhere, sondern auch eine gedehntere Zuckung. Und ebenso wird der Verlauf der Kontraktion geändert, wenn die Einströmungsgeschwindigkeit des Quellungswassers sich ändert: Ist diese Geschwindigkeit groß, so wird die Zuckung höher und kürzer; wird diese Geschwindigkeit geringer (K), so wird die Kontraktion niedriger und gedehnter.

Zuckungsverlauf (Konstanten: $L = 10$; $K = 1/2$; $c = 1$) nach der Zeit $1/2$, 1, $1\,1/2$ u. s. f.: 1,72; 2,53; 2,49; 2,32; 2,04; 1,73; 1,43; 1,17; 0,95; 0,76; bei halbem L ($= 5$): 0,86; 1,27; 1,25; 1,16; 1,02; 0,87; 0,72; 0,59;



Form der Zuckung normal und bei
Milchs./2 Verbrauch/2 Quellung/2

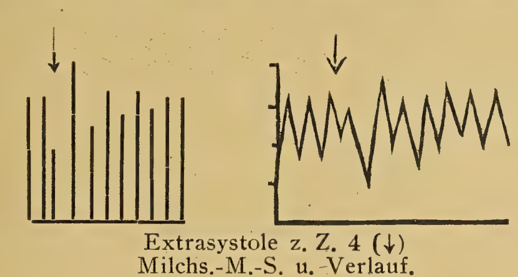
0,48; 0,38; bei halbem c (= 0,4): 2,05; 3,25; 3,85; 4,10; 4,10; 3,90; 3,65; 3,35; 3,00; 2,65; bei halbem K (= 0,25): 0,92; 1,37; 1,54; 1,62; 1,51; 1,41; 1,29; 1,16; 1,05, 0,93.

Mit anderen Worten: wenn eine Schädigung des Wiederaufbaus besteht, so wird zwar die dem Reiz zur Verfügung stehende Menge Muttersubstanz kleiner, aber da während der Zuckung auch der Verbrauch der Milchsäure verringert ist, so braucht nicht notgedrungen die Höhe der Zuckung zu leiden. Und ebenso drückt bei Zunahme der Wiederaufbaugeschwindigkeit dieser schnelle Verbrauch die Höhe der Zuckung herab, trotzdem der Reiz mehr Milchsäuremuttersubstanz aus der vorigen Periode des Aufbaus vorfand. Wir stellen also fest, daß eine Verbesserung des Aufbaus zwei entgegengesetzte Wirkungen auf die Zuckungshöhe entfaltet, eine Tatsache, die uns sogleich bei der Vaguswirkung noch beschäftigen wird. Ferner können wir uns die verschiedenen Formen des Zuckungsverlaufes des Herzens durch Änderung der Konstanten in unserer Zuckungsgleichung konstruieren.

4. *Die Extrasystole.*

Reizt man eine Herzkammer nach Ablauf der absolut refraktären Phase, so macht sie eine Extrazuckung, welche in der Norm niemals die Höhe der normalen Zuckung erreicht, trotzdem sie von einem höheren Nullpunkt ausgeht, und welche um so größer ausfällt, je später nach dem Beginn des Herzschlags der Reiz das Herz trifft. Wir können nun den Verlauf der Zuckung berechnen, wenn wir den Wert der Milchsäuremuttersubstanz nach verschiedenen Zeiten (etwa z. Z. 3 oder 4 bei unserem normalen Intervall von 5) in die Zuckungsgleichung einsetzen (+ der noch nicht verbrauchten Milchsäure des vorhergehenden normalen Herzschlages). Zur Zeit 3 bedeutet dabei die Extrasystole grade eine kleine Erhebung des Abfalles der Kurve. Z. Z. 4 ist die Extrazuckung schon deutlicher. Berechnen wir nun die Größe des folgenden Herzschlages, also die Menge Milchsäuremuttersubstanz

zur Zeit 2 oder 1, wo der normale Leitungsreiz vom Vorhof an der Kammer ankommt, so sind diese Werte unterschwellig, fallen also aus und erst der folgende Reiz, der nun z. Z. 7 oder 6 eintrifft, findet genügende, und zwar übergroße Mengen von Milchsäuremuttersubstanz vor. Wir erhalten also ein rechnerisches Bild von den tatsächlichen Beobachtungen, daß einer Extrasystole eine kompensatorische Pause folgt, und daß der nächste Herzschlag abnorm groß ist. Natürlich erfolgt dann wieder das Erreichen des normalen Niveaus unter Pulsus alternans.



Extrasystole z. Z. 4 (↓)
Milchs.-M.-S. u. Verlauf.

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei einer Extrasystole z. Z. 4: 6,45; 6,45; Extrasystole z. Z. 4: 4,27; nächster Reiz z. Z. 1; —; (z. Z. 1 + 5) 8,32; 5,72; 6,74; 6,34; 6,49; 6,43; 6,46; 6,45; 9,45. — Zuckungshöhe z. Z. ½, 1, 1½ u. s. f. bei $K = 0{,}5$ und $c = 0{,}4$ und einem Zuckungsrückstand von 1,8618 und bei Milchsäuremenge in Klammer: (6,45) 2,739; 3,192; 3,169; 3,328; 3,177; 2,921; 2,677; 2,412; 2,131; 1,8618; (neuer Herzschlag) (6,45) 2,739; 3,192; 3,169; 3,328; 3,177; 2,921; (Extrasystole) (4,27 + 1,30 [Rest]) 2,991; 3,243; 3,116; 3,169; 2,974; 2,710; 2,440; 2,292; 1,924; 1,674; (z. Z. 6) 1,2625; (nächster Herzschlag) (8,32) 26,46; 3,428; 3,550; 3,875; 3,772; 3,520; 3,255; 2,958; 2,629; 2,3083; (nächster Herzschlag) (5,72) 2,940; 3,229; 3,120; 3,192; 3,005, 2,746; 2,487; 2,228; 1,958; 1,7051; (nächster Herzschlag) (6,74) 2,675; 3,190; 3,198; 3,390; 3,251; 3,009; 2,755; 2,478; 2,171; 1,9259; (nächster Herzschlag) (6,34) 2,766; 3,196; 3,160; 3,306; 3,140; 2,902; 2,647; 2,384; 2,104; 1,8380; (nächster Herzschlag) (6,49) 2,728; 3,191; 3,172; 3,335; 3,187; 2,941; 2,687; 2,421; 2,140; 1,8706.

(Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei einer Extrasystole z. Z. 3; 6,45; Extras. z. Z. 3: 2,31; nächster Reiz z. Z. 2: 3,27 (unterschwellig, fällt aus) (z. Z. 2 + 5 = 7) 9,17; 5,38; 6,87; 6,29; 6,51; 6,43; 6,46; 6,45; 6.45.)

5. *Superposition und Tetanus am Herzen.*

Es gibt nun eine Anzahl von Fällen, in denen das Herz zu Superposition und Tetanus befähigt ist, d. h. sich den Eigenschaften des Skelettmuskels nähert, indem ein kurz dem ersten folgender zweiter Reiz schon so zeitig von der Herzkammer beantwortet wird, daß sich seine Zusammenziehung auf die noch nicht abgelaufene daraufsetzt und sich beide Zuckungen summieren. In gleicher Weise entsteht der Tetanus des Herzens. Es ist also

in solchen Fällen die absolut refraktäre Phase verkürzt, sodaß ein Reiz schon nahe dem Gipfel wirksam wird, oder ein späterer findet schon so große Mengen Muttersubstanz vor, daß die Zuckung, von einem höheren Nullpunkt ausgehend, einen höheren Gipfel erreicht als eine normale Kontraktion. In der Möglichkeit der Superposition haben wir also ein Zeichen für einen beschleunigten Aufbau zu erblicken. Danach bestehen zwischen Herzmuskel und Skelettmuskel nur quantitative Unterschiede im Wiederaufbau der Milchsäuremuttersubstanz. So führen Gifte, welche den Wiederaufbau schädigen, zu einem Bestehenbleiben der Milchsäure und daher auch der Kontraktion, am Herzen zu systolischem Stillstand und am willkürlichen Muskel zu langdauernden Kontraktionen, so die Digitaliskörper und Veratrin. Ein Stoff, welcher den Aufbau beschleunigt, wie der Kalk, hebt die Veratrinkontraktur am Muskel auf und führt am Herzen zu Superposition und Tetanus.

6. *Vagusreiz.*

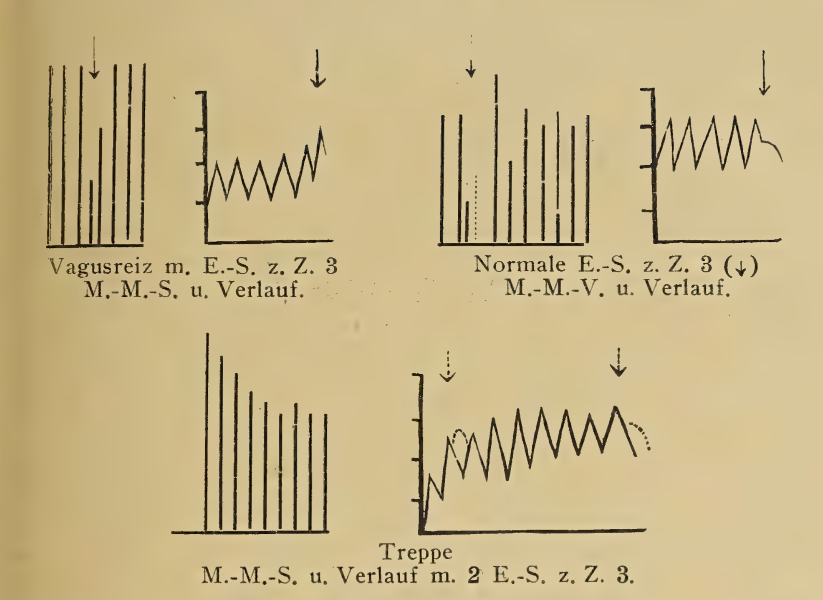
Bei Reizung des Nervus vagus werden die Herzschläge seltener und kleiner, bis sie schließlich ganz ausbleiben, dabei ist das Herz nicht gelähmt, sondern beantwortet einen künstlichen Reiz mit einer Zuckung. Es hat nur die Reizbildung, die wir vorläufig nicht besprechen wollen, gelitten und die Höhe der Zuckung. Gleichzeitig erlangt das Herz die Fähigkeit zu Superposition und Tetanus. Wir wissen jetzt, daß dies auf einen beschleunigten Wiederaufbau hindeutet, und daß bei einem solchen beschleunigten Wiederaufbau die Milchsäure sehr schnell verbraucht wird und deswegen die ablaufende Zuckung kleiner ausfällt. (Außerdem wird der Abfall steiler, und der diastolische Tonus sinkt.)

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz, beschleunigt z. B. durch Förderung der Oxydationen (K_2 gleich 0,25 statt 2); Dauerzustand 9,18 (H = 10,00). Extrasystole z. Z. 3: 7,77; (nächste Zuckung z. Z. 2 ohne komp. Pause) 6,11; 9,35; 9,18; 9,18. — — Zuckungsverlauf: Zuckungsgröße z. Z. $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$ u. s. w. bei Zuckungsrückstand 0,7600: 2,183; 2,783: 2,645; 2,409; 2,090; 1,758; 1,444; 1,177; 0,951; 0 7600; (nächste Zuckung) 2,183; 2,783; 2,645; 2,409: 2,090; 1,758; Extras. z. Z. 3: Mutt.-S. 7,77 + 0,46 Milchsäurerest = 8,23) 2,783; 3,147; 2,879; 2,554; 2,182; u. s. w.

Die Systolen werden also kleiner und die in der Norm grade angedeutete Extrazuckung z. Z. 3 erreicht hier eine größere Höhe als die gewöhnliche Vagussystole.

7. *Treppe.*

Beginnt nach längerem Stillstand ein Herz (oder auch ein willkürlicher Muskel) sich zu kontrahieren, so steigen die ersten



Vagusreiz m. E.-S. z. Z. 3
M.-M.-S. u. Verlauf.

Normale E.-S. z. Z. 3 (↓)
M.-M.-V. u. Verlauf.

Treppe
M.-M.-S. u. Verlauf m. 2 E.-S. z. Z. 3.

Zuckungen erst allmählich bis zur normalen Höhe an, gleichzeitig besteht beim Herzen die Möglichkeit der Superposition, und die Zuckungen verlaufen gedehnter. Wenn wir diese Erscheinungen aus Stoffwechselvorgängen ableiten wollen, so müssen wir die Veränderungen nach längerer Ruhe betrachten: es wird erstens alle CO_2 abdiffundiert sein (dadurch fällt eine hemmende Komponente weg und der Aufbau geht schneller von statten, Superposition und Tetanus sind möglich); zweitens wird durch den außergewöhnlich schnellen Aufbau die Milchsäure rasch verbraucht und die Zuckungshöhe herabgedrückt; dem wirkt entgegen, daß wir annehmen müssen, daß nach längerer Zeit der Aufbau restlos erfolgt ist, daß die maximale Menge Muttersubstanz gebildet ist; viertens wird sich das sonst nur wenig hin und her pendelnde Quellungswasser gleichmäßig auf größere Strecken verteilt haben, wodurch die Quellungsgeschwindigkeit abgenommen hat. Dies bedingt einen gestreckteren Verlauf der Zuckung und eine geringere Höhe; es wird also trotz der großen Menge Muttersubstanz für die erste Zuckung diese wegen der langsamen Quellung und wegen des raschen Verbrauchs der Milchsäure niedriger als die Norm. Allmählich stellt sich dann alles auf das gewöhnliche Niveau ein.

Aufbau der Milchsäuremuttersubstanz bei der Treppe (*m* in Klammer vor der Menge Muttersubstanz): 10,00; (1,0) 8,41; (0,9) 8,41; (0,8) 8,07; (0,7) 7,47; (0,6) 6,99; (0,5) 6,29; (0,5) 6,51; (0,5) 6,43; (0,5) 6,45. — Exstrasystole z. Z. 3 nach Zuckung II; 4,66.

Zuckungsverlauf bei der Treppe: Zuckungshöhe zur Zeit 2 (größte Höhe) und z. Z. 5 (Anfang der nächsten); die Werte für *K* u. *c* davor in Klammer; die Menge Mutt.-S. s. oben: (0,25 u. 0,9) Anfang 0; 1,750 u. 1,060; (0,3 u. 0,8) 2,331 u. 1,103; (0,35 u. 0,7) 2,649 u. 1,403; (0,4 u. 0,6) 3,017 u. 1,561; (0,45 u. 0,5) 3,256 u. 1,710; (0,5 u. 0,4) 3,494 u. 1,993; (0,5 u. 0,4) 3,310 u. 1,830; u. s. w. — Extrasyst. z. Z. 3 nach Zuckung II; Anfang 2,109; Mutt.-S. 4,66 + 0,77 Rest = 5.43: (0,3 u. 0,8) z. Z. 1: 2,513 (Gipfel), also höher als vorherige Zuckung.

Es lassen sich also die Erscheinungen der Treppe aus den Veränderungen, welche ein Herz durch längere Ruhe erleiden muß, rechnerisch ableiten.

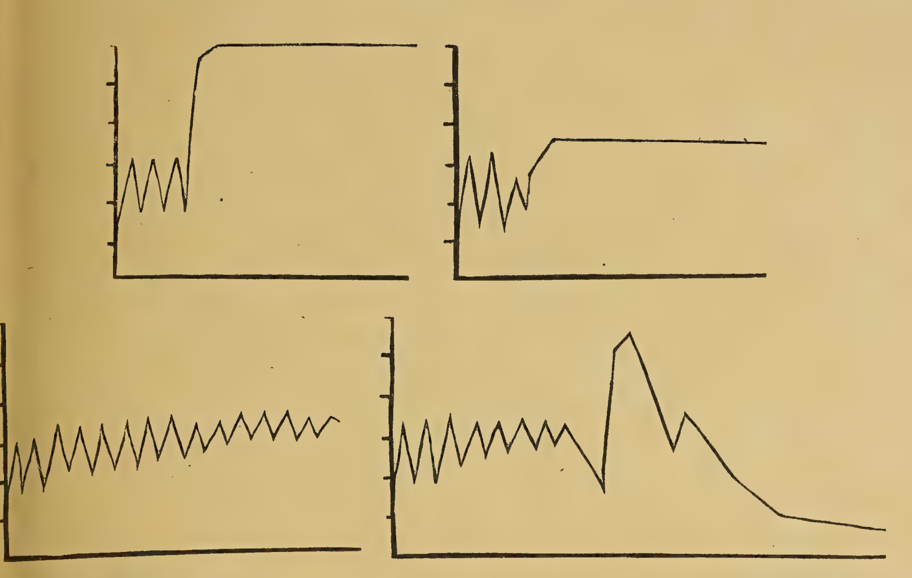
8. *Der systolische Stillstand.*

Das bekannteste Beispiel für den systolischen Herzstillstand ist die Digitalisvergiftung. Die dabei auftretende Frequenzhalbierung hat, wie wir sahen, Straub [5] auf einen verschlechterten Aufbau zurückgeführt, und wir können den systolischen Stillstand ebenfalls durch diese Behinderung des Aufbaus der Milchsäure zu ihrer Vorstufe erklären. Hört plötzlich der Aufbau gänzlich auf, so bleibt die Milchsäure der letzten Zuckung bestehen, und es tritt eine Kontraktur auf, die weit höher als die gewöhnliche Zuckung ist, ein Bild, welches man bei der tatsächlichen Beobachtung der Digitaliswirkung das peitschenförmige Ansteigen der Kurve genannt hat. Meist bildet sich der systolische Stillstand als Rückstandskontraktur nach einer Reihe von Pulsen aus, und wir erhalten den rechnerischen Beleg für die Tatsache, daß der Stillstand in Systole sich bei rascher Vergiftung einstellt, bei langsamer aber das Herz mehr in erschlafftem Zustande seine Tätigkeit einstellt (z. B. bei Vergiftung von außen); weil bei allmählicher Behinderung des Aufbaus immer weniger Milchsäure für die schließliche Kontraktur vorhanden ist.

Beispiel I: Aufbau hört plötzlich auf; vorher immer 6,45 Mutt.-S.; Zuckungshöhe z. Z. 2 (Gipfel) u. 5 (Ende) jeden Herzschlages; *c* vorher in Klammer: ($M = 6{,}45$; $c = 0{,}4$) 3,328 (z. Z. 2) u. 1,862 (z. Z. 5); ($M = 6{,}45$; $c = 0{,}4$) 3,328 (z. Z. 2) u. 1,862 (z. Z. 5); ($M = 6{,}45$: $c = 0{,}001$, d. h. Aufbau hört auf) 4,759 (z. Z. 2) u. 6,057 (z. Z. 5) u. 6,377 (z. Z. 10) u. 6,147 (z. Z. 50).

Beispiel II: Aufbau (K_1 vorher in Klammer): (0,75) 6,45: (0,6) 4,00; (0,4) 3,80; (0,2) hört dauernd auf. — Zuckungshöhe z. Z. jeden Herzschlages: ($M = 6{,}45$; $c = 0{,}4$) 3,328 (z. Z. 2) u 1,862 (z. Z. 5); ($M = 6{,}45$; $c = 0{,}4$) 3,328 (z. Z. 2) u. 1,862 (z. Z. 5); ($M = 4{,}00$; $c = 0{,}2$) 2,7113 (z. Z. 2) u. 1,927 (z. Z. 5); ($M = 3{,}80$; $c = 0{,}001$) 3,109 (z. Z. 2) u. 3,635 (z. Z. 5) u. 3,762 (z. Z. 10) u. 3,621 (z. Z. 50).

Beispiel III: Aufbau siehe Seite 56. — Zuckungshöhe z. Z. jeden Herzschlages: ($M = 6{,}45$; $c = 0{,}4$) 3,328 (z. Z. 2) u. 1,862 (z. Z. 5); ($M = 6{,}29$; $c = 0{,}375$) 3,325 (z. Z. 2) u. 1,939 (z. Z. 5); ($M = 6{,}13$; $c = 0{,}35$) 3,347



Aufhören des Aufbaus = Systolischer Stillstand bei schneller, diastolischer bei langsamer (von außen) Digitaliswirkung.

(z. Z. 2) u. 2,041 (z. Z. 5); (M = 5,99; c = 0,325) 3,385 (z. Z. 2) u. 2,132 (z. Z. 5); (M = 5,86; c = 0,3) 3,449 (z. Z. 2) u. 2,253 (z. Z. 5); (M = 5,67; c = 0,275) 3,462 (z. Z. 2) u. 2,325 (z. Z. 5); (M = 5,54; c = 0,25) 3,501 (z. Z. 2) u. 2,451 (z. Z. 5); (M = 5,25; c = 0,225) 3,488 (z. Z. 2) u. 2,511 (z. Z. 5); (M = 5,22; c = 0,2) 3,563 (z. Z. 2) u. 2,696 (z. Z. 5); (M = 4,95; c = 0,175) 3,554 (z. Z. 2) u. 2,771 (z. Z. 5); (M = 4,86; c = 0,15) 3,602 (z. Z. 2) u. 2,934 (z. Z. 5); (M = 4,53; c = 0,125) 3,559 (z. Z. 2) u. 2,977 (z. Z. 5); (M = 4,39; c = 0,1) 3,568 (z. Z. 2) u. 3,220 (z. Z. 5); (M = 4,01; c = 0,075) 3,471 (z. Z. 2) n. 3,011 (z. Z. 5); (M = 3,99; c = 0,05) 3,491 (z. Z. 2) u. 3,332 (z. Z. 5); (M = 3,56; c = 0,025) 3,412 (z. Z. 2) u. 3,267 (z. Z. 5).

Beispiel IV: Aufbau: Milchs.-Mutt.-S. (K_1 davor in Klammer): (0,75) 6,45; (0,7) 6,04; (0,65) 5,82; (0,6) 5,43; (0,55) 5,08; (0,5) 4,58; (0,45) 4,31; (0,4) 3,65; (0,35) 3,37 (unterschw.); (0,3) 7,72 (z. Z. 10); (0,25) —; (0,2) 2,80 z. Z. 10, unterschw.); (0,15) 4,30 (z. Z. 15); Bildung hört auf. — — Zuckungshöhe z. Z. des Herzschlages (M = 6,45; c = 0,4) 3,328 (z. Z. 2) u. 1,862 (z. Z. 5); (M = 6,04; c = 0,35) 3,281 (z. Z. 2) u. 2,007 (z. Z. 5); (M = 5,82; c = 0,3) 3,385 (z. Z. 2) u. 2,277 (z. Z. 5); (M = 5,43; c = 0,25) 3,431 (z. Z. 2) u. 2,413 (z. Z. 5); (M = 5,08; c = 0,2) 3,461 (z. Z. 2) u. 2,448 (z. Z. 5); (M = 4,58; c = 0,15) 3,344 (z. Z. 2) u 2,742 (z. Z. 5); (M = 4,31; c = 0,1) 3,442 (z. Z. 2) u. 3,048 (z. Z. 5); (M = 3,65; c = 0,09) 3,260 (z. Z. 2) u. 2,725 (z. Z. 5) u. 1,799 (z. Z. 10, weil der nächste Schlag ausfällt); (M = 7,72; c = 0,08) 5,255 (z. Z. 2) u. 5,505 (z Z. 5) u. 4,087 (z. Z. 10) u. 2,764 (z. Z. 15, weil die nächsten beiden Schläge ausfallen); (M = 4,30; c = 0,07) 3,526 (z. Z. 2) u. 3,336 (z. Z. 5) u. 2,524 (z. Z. 10) u. 1,750 (z. Z. 15) u. 1,225 (z. Z. 20) u. 0,146 (z. Z. 50, weil der Aufbau aufgehört hat).

9. Die autonome Reizbildung.

Die autonome Reizbildung, welche wir bisher von unserer Besprechung ausschlossen, kann zwar nicht von der Menge Milchsäuremuttersubstanz wie die Erregbarkeit und die Kontraktilität (und auch die Reizleitungsgeschwindigkeit) abhängig sein; — denn sonst gäbe es nur gleich große, verschieden schnelle Pulse —, muß aber in Zusammenhang mit den Stoffwechselvorgängen stehen; dafür spricht einerseits die Entstehung des normalen Reizes an verschiedenen Stellen der venösen Ostien (gewissermaßen die Stelle löst den Reiz aus, die zuerst fertig ist), andererseits die autonome Reizbildung der Kammer, wenn ihr vom Vorhof keine Reize mehr zufließen. Hier sind wir auf Vermutungen angewiesen, und ich meine, man könnte die Reizentstehung auf die Steilheit der Kurve des Aufbaus zurückführen. Ist der Anstieg der Kurve wegen sehr schlechten Aufbaues gering, so bleiben die Herzschläge aus, trotzdem ein künstlicher Reiz noch Kontraktionen auslöst; aber auch wenn der Aufbau sehr schnell von statten geht, wenn sich die Kurve gleich vom Nullpunkt an über die Nullinie erhebt, findet keine Reizbildung statt; hier fällt die größte Steilheit in den Anfang, wo erst wenig Milchsäuremuttersubstanz gebildet ist, und später steigt die Kurve nur noch wenig. Wir haben die Verhältnisse der starken Vagusreizung und die des willkürlichen Muskels vor uns. Wenn solche Überlegungen richtig sind, so muß auch der Skelettmuskel autonom Reize bilden, wenn man seinen Aufbau der Milchsäurevorstufe verlangsamt: unter Veratrin und Biedermann'scher Lösung bleiben nicht nur die Zusammenziehungen wegen des geringen Verbrauchs der Milchsäure lange bestehen, sondern im abfallenden Teil der Kurze — während der Rückverwandlung der Milchsäure in ihre Muttersubstanz — bildet der Muskel neue Reize; beides, die verlangsamte Erschlaffung und die neue spontane Zuckung bleiben aus, wenn man jetzt den Aufbau durch Kalk (der am Herzen Superposition möglich macht), beschleunigt. Daß nicht jede Änderung des Stoffwechsels zu Änderungen der Frequenz der Herzschläge führt, liegt an dem verschiedenen Verhalten der Kurven je nach dem Teilvorgange, welcher die Änderung bedingt, und ich machte anfangs darauf aufmerksam, daß bei schließlich gleicher Änderung des Stoffwechseleffektes einmal die Kurven von einem Punkte ausgehend auseinanderstreben, das andere Mal von verschiedenen Schnittpunkten mit der Nullinie nach einem Punkte streben und endlich auch annähernd parallel verlaufen können; so kann es bei Beschleunigung oder Verschlechterung des Aufbaus zu Änderungen in der Frequenz kommen oder nicht, je nach dem Einfluß auf die Steilheit des Anstieges. — Sind

die Stoffwechselvorgänge so langsam, daß die Aufbaugeschwindigkeit für gewöhnlich immer unterschwellig bleibt, so scheint ein Nervensystem die Reizbildung zu übernehmen, wie beim glatten Muskel.

10. Refraktäres Verhalten der autonom schlagenden Kammer gegenüber dem Vagusreiz und gegenüber Giften.

Bei der Reizbildung scheinen die venösen Ostien und der Vorhof die empfindlichsten Stellen zu sein, während die Kammer träger in Aktion gerät; so hat der autonom schlagende Ventrikel eine geringere Frequenz. Wenn wir uns die durchschnittliche Steilheit der Kurve des Aufbaus einzeichnen, so erhalten wir Dreiecke, welche — rechts unten rechtwinklig — verschiedene

Steilheit des Aufbaus = Reizbildung.

versch. CO_2-Diff. versch. Aufbau versch. Oxydat.

Lagen der Hypothenuse haben; bei Stoffwechseländerungen beginnt die Hypothenuse links unten zeitiger oder sie erreicht rechts oben einen höheren Punkt oder umgekehrt. Alle diese Unterschiede werden geringer ausfallen, je länger die Dreiecke an sich schon nach rechts ausgedehnt sind, je später das Gebilde mit Reizbildung auf den Anstieg reagiert; da macht denn ein etwas zeitigeres Erheben über die Nullinie oder ein etwas höheres Erheben am Schluß rechts oben wenig für die Steilheit aus. Der trägere, später reagierende Herzteil ist unempfindlicher gegen kleine Änderungen der Aufbaugeschwindigkeit, Beschleunigung oder Verzögerung des Aufbaus durch Vagusreiz oder Gifte ändern die Frequenz der autonom schlagenden Kammer nur wenig.

Schluß.

Diese Darstellungen gehen also von der Vorstellung aus, daß die Kontraktionssubstanz, die Milchsäure, immer wieder zu ihrer Muttersubstanz aufgebaut wird. Als neu wird angenommen, daß erstens dieser Aufbau sofort nach dem Freiwerden der Milchsäure durch den Reiz, also schon zur Zeit der Zuckung selbst

beginnt, und zweitens von jeder Zuckung hemmende Produkte in Gestalt der freiwerdenden CO_2 zurückbleiben. Nach diesen Annahmen lassen sich zwei Gleichungen — eine des Zuckungsverlaufs und eine des Wiederaufbaus — bilden, welche uns dem Sinne nach die Verhältnisse wiedergeben, die uns die tatsächlichen Beobachtungen unter vielen Bedingungen zeigen, sodaß die Vorgänge nach einem ähnlichen Reaktionsschema verlaufen müssen. (Über die chemischen Komponenten u. ä. sagt natürlich eine solche Übereinstimmung nichts aus.)

Dieser erste Versuch, die Erscheinungen am willkürlichen Muskel und am Herzen von Stoffwechselvorgängen abzuleiten, kann notwendigerweise nur in großen Zügen ein so weites Gebiet erfassen, und es werden nicht nur viele spezielle Dinge näher zu beschreiben sein, sondern auch mancherlei Korrekturen nötig werden. So viel aber werden diese Betrachtungen gezeigt haben, daß sich die Haupterscheinungen — in ihrem Verlauf — von diesem Gesichtspunkt aus ungezwungen erklären lassen, und daß uns die vielleicht zunächst etwas aussichtslos erscheinende rechnerische Behandlung eine Menge Einzelheiten erschlossen hat, sodaß der beschrittene Weg in der allgemeinen Richtung der Erkenntnis zu liegen scheint.

Literatur.

1. A. W. Hill; Die Beziehungen zwischen der Wärmebildung und der im Muskel stattfindenden chemischen Prozessen. Erg. d. Physiol. 15. Jahrg. 1916. S. 340.

2. O. von Fürth: Die Kolloidchemie des Muskels und ihre Beziehungen zu den Problemen der Kontraktion und der Starre. Erg. d. Physiol. 17. Jahrg. 1919. S. 363.

3. E. Frey: Die Wirkung des Strychnins auf die Refraktärperiode und die Überleitungszeit des Froschherzens. Arch. f. exp. Path. u. Pharm.

4. F. B. Hofmann: Über die Änderungen des Kontraktionsablaufes am Ventrikel und Vorhofe des Froschherzens bei Frequenzänderung und im hypodynamen Zustande. Pflüg. Arch. 84. 130. 1901.

5. W. Straub: Über die Wirkung des Antiarins an ausgeschnittenen snspendierten Froschherzen. Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 45. 346. 1901.

Eingegangen am 14. 5. 20.

Herr E. Korschelt sprach:

Ueber Lebensdauer und Altern bei Copepoden und Ostracoden

(nach Untersuchungen von Frl. Dr. E. Walter u. Dr. E. Schreiber.

Die wissenschaftliche Anteilnahme an der Frage nach der Lebensdauer der Tiere wurde in der Hauptsache durch Weismann's auf der Salzburger Naturforscher-Versammlung im Jahre 1881 gehaltenen Vortrag [1]) erweckt. Außer der allgemeinen Behandlung der Frage gab er darin eine Zusammenstellung der ihm über die Lebensdauer der Tiere erreichbaren Angaben. Daß seine Anregung allerdings auf einen besonders guten Boden gefallen sei, kann man kaum sagen, denn als ich genau 25 Jahre später auf einer gut besuchten Versammlung der Deutschen Zoologischen Gesellschaft bei Gelegenheit einer Besprechung meiner experimentellen Untersuchungen an Regenwürmern einige Mitteilungen über die Lebensdauer dieser und anderer wirbellosen Tiere machte [2]), erwies sich die Kenntnis dieser gewiß nicht uninteressanten biologischen Verhältnisse als keine sehr tiefgründige. Man zeigte sich einigermaßen überrascht darüber, daß Regenwürmer 10 Jahre alt, wahrscheinlich aber noch älter werden und daß andere wirbellose Tiere ein bedeutend höheres Alter erlangen, Seerosen z. B. 15, 20, 25, 50 ja über 60 Jahre alt werden. Im Anschluß an diese Mitteilungen entspann sich damals eine lebhafte Diskussion, bei der wie auch nachher brieflich in dankenswerter Weise eine ganze Anzahl mehr oder weniger begründeter Angaben über die Lebensdauer verschiedener Tiere gemacht wurden. Aber wenn meine zwar längst geplante, jedoch wieder erst 10 Jahre später zur Ausführung gelangte Zusammenstellung der Lebensdauer der Tiere [3]) etwas eingehender ausfiel als die von Weismann, so lag das im ganzen mehr daran, daß seine Angaben mit großem Vorteil zur Weiterführung benutzt werden konnten und daß seitdem doch ein recht erheblicher Zeitraum vergangen war, als daß die Frage in irgendwie systematischer Weise gefördert worden wäre. Die Ursache hiervon liegt darin, daß wie die über 10 Jahre hinausgehenden Beobachtungen an Lumbriciden zeigen, derartige Feststellungen recht langwierig, aber (wegen der damit verbundenen Pflege der Tiere) auch sehr zeitraubend sind und insofern

1) A. Weismann, die Lebensdauer der Tiere, Jena 1882.
2) Versuche an Lumbriciden und deren Lebensdauer im Vergleich mit anderen wirbellosen Tieren. Verhandl. der D. Zool. Ges. XVI, 1906.
3) Lebensdauer, Altern und Tod, Jena 1917.

einen ziemlich großen Aufwand von Geduld erfordern. Sie sind infolgedessen nicht jedermanns Sache, und wissenschaftliche Lorbeeren sind jedenfalls auf anderen Gebieten leichter und vor allem in kürzerer Zeit zu pflücken. Und doch verdient es die Frage, immer wieder verfolgt und von neuem in Angriff genommen zu werden, worauf schon Weismann eindringlich verwies. Wenn man hört, daß ein Regenwurm 10 Iahre, vielleicht noch länger lebt, also das durchschnittliche Alter des Haushundes erlangt, der Flußkrebs 20—30 Jahre, d. h. so alt wird wie das Hausrind, während die Seerosen wie die Süßwassermuscheln 60 Jahre, die letzteren sogar 80 Jahre und darüber alt werden und somit das gewöhnliche Alter der Pferde ganz erheblich übertreffen, so liegt die Frage nach den Ursachen dieses gewiß recht unerwarteten Verhaltens der genannten und mancher anderen Tiere außerordentlich nahe. Um sie mit einiger Aussicht auf Erfolg beantworten zu können, müßte man genaueres über die Lebensdauer aus verschiedenen Abteilungen des Tierreichs erfahren. Der größere Teil der bisher vorliegenden Angaben ist mehr zufällig gewonnen. Es wird aber notwendig sein, in mehr systematischer Weise als bisher vorzugehen und möglichst genaue Daten durch eigens darauf gerichtete Beobachtungen zu sammeln. Allein kann man das wegen der damit verbundenen zeitraubenden Mühewaltung kaum durchführen. Beim Gewinnen von Mitarbeitern besteht jedoch die Schwierigkeit, daß sich die Lebensdauer der zu beobachtenden Tiere über längere Zeiträume erstreckt, als sie den Mitarbeitern zur Verfügung stehen. Also bleibt vorläufig nichts anderes übrig, als solche Tiergruppen zu wählen, die voraussichtlich eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer haben. Dieser Gesichtspunkt war für die Wahl der hier zu besprechenden beiden Gruppen der Entomostraken in erster Linie maßgebend.

Die bisher gemachten Angaben über die Lebensdauer der Angehörigen beider Gruppen beruhen (wie auch sonst zumeist) mehr auf Schätzung als auf Feststellung des Alters einzelner Individuen. Will man diese unternehmen, so kommt es zunächst darauf an, solche Arten ausfindig zu machen, die sich ohne allzugroße Schwierigkeiten halten und züchten lassen. Dies ließ sich von einzelnen Arten der Copepoden und Ostracoden erwarten, ganz abgesehen davon, daß sie häufig genug sind, um keinen Mangel an Material eintreten zu lassen.

Copepoden. Die Untersuchungen wurden vor allen Dingen an *Cyclops viridis Jurine* angestellt; außerdem wurden *Cyclops fuscus, C. insignis* und *C. strenuus* untersucht. Gehalten wurden die Krebse in Gläsern mit etwa 150 ccm Inhalt. Das Wasser wurde filtriert und bei den für die Erhaltung notwendiger Weise zuzu-

setzenden Pflanzen (*Elodea* und *Lemna*) sorgfältig darauf geachtet, daß ein Hinzukommen von Nauplien oder späteren Entwicklungszuständen unmöglich war. Es mußte dafür gesorgt werden, daß das Wasser in den mit Glasplatten bedeckten Gefäßen stets klar blieb, was zum Gedeihen der Tiere unbedingt erforderlich, aber auch für die täglich vorzunehmende Beobachtung nötig war. Um die Lebensdauer genau festzustellen, wurden die Tiere sozusagen ab ovo verfolgt, d. h. ein eiersacktragendes Weibchen wurde in das betr. Kulturglas gesetzt und nach der Eiablage bezw. nach dem Ausschlüpfen der Nauplien wieder herausgefangen. Die einzelnen Serien von Nauplien wurden nun unter täglicher Kontrolle weiter beobachtet bis sie herangewachsen waren und die Geschlechtsreife erlangt hatten. Die mit Eiersäckchen versehenen Weibchen wurden isoliert und für sich weiter beobachtet. So wurden die Untersuchungen ohne Unterbrechung zwei Jahre lang fortgesetzt, um im zweiten Jahr die Richtigkeit der Befunde des ersten Beobachtungsjahres zu erweisen. Die im Folgenden mitzuteilenden Ergebnisse beruhen auf den in den beiden Jahren an etwa 2500 Individuen gemachten Beobachtungen. Bezüglich des Näheren sei auf die ausführliche Arbeit von Frl. Dr. W a l t e r verwiesen, die in den Zoolog. Jahrbüchern (Biolog. Physiolog. Abt.) erscheinen soll. Dasselbe gilt auch hinsichtlich der Literatur der Lebensdauer und Alterserscheinungen, die übrigens für die betr. Krebse wie für die Crustaceen im allgemeinen eine recht geringfügige ist, da eigens auf diese Fragen gerichtete Untersuchungen an ihnen kaum ausgeführt wurden.

Die Dauer der Entwicklung hängt von der Temperatur ab; bei optimaler Temperatur (22—23° C.) verläuft sie in 2 Tagen, während sie in den kalten Monaten 10—12 Tage dauert. Aehnlich wird der Verlauf der Metamorphose von der Temperatur beeinflußt. In die erste Häutung treten alle Nauplien derselben Serie gleichzeitig ein, aber bald zeigt sich eine Verschiedenheit in der Weiterentwicklung der beiden Geschlechter, indem diese bei den weiblichen Tieren langsamer als bei den männlichen fortschreitet. Frühestens nach 5 Wochen wird der geschlechtsreife Zustand von den männlichen Tieren erreicht; 8—12 Tage später treten die ersten geschlechtsreifen Weibchen auf und die Tiere beginnen mit dem Fortpflanzungsgeschäft.

Die Copepoden zeigen eine recht große Fruchtbarkeit, da sie etwa 800—1000 ziemlich große, dotterreiche Eier hervorbringen, aber freilich machen davon nicht alle die Embryonalentwicklung erfolgreich durch und noch weniger gelangen sie bis ans Ende der Metamorphose. In einem Eiballen, der 40 Embryonen enthält, gelingt es durchschnittlich 5—8 Tieren nicht, die schützenden Ei-

hüllen zu durchbrechen, sie sind dem Untergang geweiht. Natürlich sind auch die Larvenstadien vielen Schädlichkeiten ausgesezt, wenn auch der Verlauf der Metamorphose bis zum Eintritt in das erste Copepoditstadium unter verhältnismäßig günstigen Bedingungen zu verlaufen scheint. Dagegen stellt diese 6. Häutung offenbar ein sehr kritisches Stadium für die Tiere dar, in welchem nicht weniger als zwei Drittel aller Individuen zu grunde gehen (E. Walter). Wenn dieses Stadium überwunden ist, verläuft die weitere Metamorphose wieder mit großer Regelmäßigkeit. Abgesehen von den inneren Schädlichkeiten der Metamorphose haben die Larven stark unter allen möglichen äußeren Gefahren, besonders auch unter tierischen Feinden, sowie unter der Infektion mit Bakterien und Pilzen zu leiden. Sehr wichtig für das Erhaltenbleiben und Gedeihen erwiesen sich die richtigen Ernährungsbedingungen. Bei Nahrungsknappheit bekämpfen und verzehren sich die Nauplien gegenseitig, werden sie jedoch in mehreren oder in größeren Gläsern gehalten, so bleiben sie alle am Leben, wie auch Größe und Umfang der Individuen durch bessere Ernährung gefördert, durch schlechte Ernährung verringert werden.

Jedes Weibchen bringt im Lauf seines Lebens eine größere Zahl von Brutserien hervor, denen nach den Beobachtungen von Frl. Walter eine verschiedene Lebensdauer zukommt. Während in den Monaten November bis Februar nur Individuen mit einer Lebensdauer von 9 Monaten zur Welt kommen, treten im März die ersten kurzlebigen Formen auf. Das Verhältnis der lang- und kurzlebigen Formen ist hier noch 4 : 1, späterhin 2 : 1. Im April verschiebt sich das Verhältnis weiterhin zugunsten der kurzlebigen Formen auf 1 : 1 und 1 : 2, bis im Mai ein Verhältnis von 1 : 4 erreicht ist, d. h. auf 5 Eiablagen eines Weibchens kommen 1 Serie mit 9monatiger und 4 Serien mit 4—5monatiger Lebensdauer. Diese Verhältnisse dauern bis August an; im September, Oktober läßt die Produktion der kurzlebigen Formen allmählich wieder nach, um im November ganz zu erlöschen. Da die kurzlebigen Formen sich sehr viel schneller entwickeln und stärker fortpflanzen, so ist die Folge davon ein schnelles Ansteigen der Individuenzahl im Sommer und Herbst, in welcher Zeit die Tiere eben unter den günstigsten Bedingungen leben.

Die Männchen sterben stets früher als die Weibchen, bei den kurzlebigen Formen im 3. oder 4. Monat, bei den langlebigen durchschnittlich im 7. Monat. Hierzu wie über das Absterben der in Kultur gehaltenen Copepoden überhaupt sei bemerkt, daß nicht etwa mangelnder Sauerstoffgehalt oder sonst eine Schädlichkeit im Wasser das Hinsiechen der Tiere zur Folge hatte, sondern das Absterben der männlichen und weiblichen Tiere erfolgte mit größter

Regelmäßigkeit, so daß nur natürliche Vergänge dafür verantwortlich gemacht werden können. Außerdem wurden absichtlich solche Gläser, in denen alte Kulturen abgestorben waren, in unverändertem Zustand für neue Brutserien benutzt, die sich darin zu lebenskräftigen Tieren entwickelten, welche das gleiche Lebensalter erlangten.

Auf die Ernährungsverhältnisse der im Winter und Sommer lebenden Copepoden, auf den Einfluß, den das kürzere Leben der Sommerformen, sowie das längere Leben der Winterformen auf ihre Organisation hat, kann hier nicht eingegangen werden, ebensowenig wie auf ihr Verhalten gegen hohe und niedere Temperaturen, wie sie das Abkühlen der Aquarien bis — 4° C. mit sich bringt, ohne nachteilige Folgen für die Tiere sind. Dadurch werden die Versuche bestätigt, die ich früher nach der gleichen Richtung an Copepoden und Ostracoden anstellte [4]).

Besonders bemerkenswert ist jedenfalls das Auftreten von Individuen mit verschiedenem Lebensalter innerhalb derselben Spezies, wie es durch die in der wärmeren Jahreszeit durchführbare Steigerung der Individuenzahl bedingt ist, die sich wiederum gegenüber der zunehmenden Vernichtungsziffer als notwendig erweist.

Die an anderen Copepoden-Arten angestellten, aber nicht so systematisch wie an *Cyclops viridis* durchgeführten Untersuchungen bestätigten im ganzen die hier mitgeteilten Beobachtungen. Danach dürfte sich das Lebensalter von *C. prasinus, fimbriatus* und *strenuus* (Winterform) auf 10—12 Monate stellen, da bei ihnen noch besondere, die Weibchen weniger anstrengende Fortpflanzungs- und Lebensverhältnisse hinzukommen. Uebrigens wurden auch mit Vertretern anderer Copepoden-Familien, z. B. den Centropagiden, Versuche angestellt. Zweimal gelang es, eine Centropagiden-Art, *Diaptomus vulgaris,* zu züchten. Die erste Serie schlüpfte im Februar, erreichte nach 5 Wochen das erste Copepoidstadium und nach weiteren 3 Wochen die Geschlechtsreife. Ende November war das letzte Weibchen gestorben, so daß die Tiere ein Alter von 10 Monaten erreichten. — Die zweite Serie, die im Mai schlüpfte, erreichte nach 1½ Monaten die Geschlechtsreife; die Tiere wurden 13 Monate alt.

Die nach genauen Feststellungen über die Lebensdauer einiger Copepoden gemachten Angaben lassen sich einigermaßen mit denjenigen vereinigen, die schätzungsweise von G. Burckhardt bei seinen Untersuchungen über die pelagische Fauna der Schweizer

---

4) E. Korschelt, Ueber das Verhalten verschiedener wirbelloser Tiere gegen niedere Temperaturen. Zoolog. Anzeiger. 45. Bd. 1914.

Seen gewonnen wurden und meines Wissens die einzigen zuverlässigen Angaben darstellen. Danach sollten Diaptomiden ein Alter von 8—18 Monaten, Cyclopiden ein solches von 8—14 Monaten erreichen [5]).

Wir wissen, daß das Erlangen der Fortpflanzungsfähigkeit von Einfluß auf die Lebensdauer sein kann und daß eine verspätete Fortpflanzungsmöglichkeit das Leben verlängert. In dieser Hinsicht sind Beobachtungen von Interesse, welche sich auf Brutserien beziehen, in denen auch nach erlangter Geschlechtsreife der Weibchen deren Fortpflanzung aus unbekannten Gründen in den ersten 6 Monaten ausblieb. Anscheinend waren die Geschlechtsorgane normal, und die Männchen hatten ihre Fortpflanzungstätigkeit ausgeübt, wie die angehefteten Spermatophoren zeigten. Die Männchen starben dementsprechend wie gewöhnlich im 7. Monat; die Weibchen bildeten gegen Ende des 6. Monats kleine Eierballen, von denen nur die beiden ersten Serien entwicklungsfähig waren. Die Eiablage wurde bis zum 14. Monat fortgesetzt; im Anfang des 15. Monats starben die Tiere.

Ebenso konnte das Leben von Weibchen verlängert werden, die vor der letzten Häutung isoliert wurden; sie bildeten zwar Eiersäckchen, doch gingen die Eier infolge Ausbleibens der Befruchtung zugrunde. Diese Weibchen erreichten ein Alter von 13 Monaten, dagegen starben isolierte Männchen erst im 12. Monat, wurden also verhältnismäßig viel älter. Es ist daher sowohl bei der auf natürlichem wie auf künstlichem Wege eingetretenen Verspätung der Fortpflanzung eine augenscheinliche Verlängerung der Lebensdauer eingetreten.

Die *Ostracoden* bieten der in systematischer Weise und andauernd vorzunehmenden Beobachtung leider viel größere Schwierigkeiten als die unabhängiger vom Bodenschlamm, mehr im freien Wasser lebenden Copepoden. Sie verkriechen sich mit Vorliebe im Schlamm und sind daher bei der Kontrolle recht schwer aufzufinden, was diese Art der Beobachtung äußerst langwierig macht und ihre Fortsetzung auf die Dauer beinahe verhindert. Immerhin gelang es Frl. Schreiber, einige Feststellungen über die Lebensdauer zu machen, doch war sie infolge dieser Schwierigkeiten genötigt, sich mehr dem Studium der Biologie und Entwicklung der Ostracoden zuzuwenden, wie übrigens auch Frl. Walter die einzelnen Stadien der Metamorphose eingehend zur Darstellung brachte. (Man vergleiche die beiden in den Zoolog. Jahrbüchern zu veröffentlichenden Arbeiten.)

---

5) G. Burckhardt, Quantitative Studien über das Zooplankton des Vierwaldstätter Sees. Mitt. Nat. Ges., Luzern. 1900.

Versuche wurden mit verschiedenen Süßwasser-Ostracoden angestellt, um die Eiablage festzustellen und also auch hier die Lebensdauer von Anfang an verfolgen zu können. Bei *Cypria ophthalmica,* die viel beobachtet wurde, gelang dies leider nie. *Cypridopsis vidua* lebte als ausgewachsenes Tier 113, 53, 47, 40 Tage und kürzere Zeit. Aehnliche Zahlen ergaben sich für C. ophthalmica. Eine *C. vidua* wurde am 15. III. 1918 mit Eiern isoliert; am 18. IV. waren junge Tiere (Larven) vorhanden, die bereits am 30. V. ausgewachsen waren. Diese Tiere lebten 134, 100 Tage und kürzer.

Von *Cypris fuscata, virens* und *ornata* glaubt Frl. Schreiber nach den im Freien gemachten Beobachtungen annehmen zu dürfen, daß sich das Leben dieser Arten innerhalb von ungefähr 60 Tagen abspielen muß.

Günstiger als die genannten Arten erwies sich *Cyprinotus incongruens* für die Beobachtung. Von dieser Art wurden im Verlauf zweier Sommer 140 Individuen auf den Verlauf ihrer gesamten nachembryonalen Entwicklung und Lebensdauer untersucht, wobei den Tieren in den Glasschalen, in denen sie gehalten wurden, möglichst naturgemäße Lebensbedingungen geschaffen waren. Auf die einzelnen, von Frl. Schreiber eingehend untersuchten und durch Abbildungen erläuterten Entwicklungsstadien kann hier nicht eingegangen werden. Es sind neun solche Stadien zu unterscheiden, die in ihrer Dauer schwanken und für welche die Durchschnittswerte von 3 (I), 4 (II), 4 (III), 7 (IV), 7 (V), 8,5 (VI), 10 (VII), 11 (VIII) und 35 (IX) Tagen erhalten wurden. Also ergaben sich 86 Tage für die gesamte Lebensdauer, welche jedoch für die genannte Individuenzahl zwischen dem Minimal- und Maximalwert von 47 und 121 Tagen schwankte. Das sind Zahlen, welche den für die vorher genannten Arten angegebenen einigermaßen entsprechen. Ein höheres Lebensalter als 3—3½ Monate scheinen die zur Beobachtung gelangten, im Sommer lebenden Ostracoden demnach nicht zu erlangen. Es handelt sich dabei (*C. incongruens*) um die auf parthenogenetischem Wege erzeugten Individuen.

Alterserscheinungen, die mit dem allmählichen Nachlassen der Lebenskraft und dem schließlich eintretenden Tod in Verbindung stehen, wurden für die Copepoden festgestellt (E. Walter). Bei einem langlebigen Cyclops, d. h. bei einem solchen mit 9monatiger Lebensdauer traten die ersten Alterserscheinungen gegen Ende des 8. Monats auf. Aeußerlich zeigen sie sich in einer geringeren Widerstandsfähigkeit gegen die Besiedelung des Körpers mit Pilzen, Chlorophyceen und Infusorien, so daß ein dem Alterstod geweihter Cyclops mit diesen Organismen ganz überwuchert er-

scheint. Dadurch werden die Tiere in der Fortbewegung gehindert, wie sie überhaupt in ihren Bewegungen bereits schwerfälliger geworden sind; sie schwimmen unbeholfen, kommen aus dem Gleichgewicht und überschlagen sich beim Niederlassen. Die Nahrungsaufnahme geschieht nur noch selten, wodurch gewiß eine starke Herabsetzung des Stoffwechsels bedingt ist.

Die Besiedelung des Körpers mit allerlei Organismen dürfte mit einer Veränderung in der Beschaffenheit der Oberfläche und vermutlich der Struktur der Chitindecke zusammenhängen; jedenfalls verlieren die Borsten ihre Elastizität und brechen ab, wodurch der Cyclops ein recht mitgenommenes Aussehen erhält. Die Veränderungen in der Bewegungsfähigkeit deuten auf solche in der Beschaffenheit der Muskulatur und des Nervensystems hin, wie dies durch die histologische Untersuchung alternder Tiere auf Schnittserien bestätigt werden konnte. Besonders im Gehirn ließen sich Degenerationserscheinungen feststellen, wie sie durch die Untersuchungen von Hodge an der Honigbiene, v. Hansemann an *Bacillus* und von Harms an einem Röhrenwurm *(Hydroides)* bekannt geworden sind. Die Ganglienzellen und ihre Kerne zeigen gegenüber den jüngeren, lebenskräftigen Tieren auffallende Veränderungen ihrer Struktur, die sich in körnigem Zerfall, Vakuolisation, Schrumpfungserscheinungen, Auftreten von Pigment, Anreicherung des Chromatins in den Kernen, Veränderungen in Umfang, Zahl und Lage der Nucleolen und derartigen Erscheinungen äußern, und schließlich zu einem teilweisen oder vollständigen Zerfall der Ganglienzellen führen.

Derartige tief eingreifende Veränderungen in der Beschaffenheit des Zentralnervensystems müssen notwendigerweise von Einfluß auf die von ihm innervierten Körperteile sein. Dies ließ sich besonders deutlich für die 1. Antenne nachweisen. Die geschilderten Veränderungen im Gehirn greifen auch auf den sie versorgenden Gehirnlappen über. Im Zusammenhang damit ist an den 1. Antennen ein körniger Zerfall der Gewebselemente in der 1. Antenne und besonders der Muskulatur nachzuweisen. Er beginnt im distalen Teil des letzten Antennengliedes und schreitet allmählich proximalwärts fort. Damit sind auch Veränderungen in der äußeren Beschaffenheit der Antenne verbunden. Die Borsten krümmen sich und brechen ab und das Chitin erfährt offenbar eine strukturelle Veränderung, wie aus seinem verschiedenen Verhalten gegen die Färbung hervorgeht. Hand in Hand damit gehen Verbiegungen, Dehnungen, Ausbuchtungen des Chitins und der Gelenkhäute, wodurch die ganze Antenne ein von ihrer früheren Beschaffenheit wesentlich abweichendes, sehr verkümmertes Aussehen gewinnt. Da die Antennen aber für die Fortbewegung sehr wesent-

lich sind, so lassen sich die vorerwähnten Störungen in der Schwimmfähigkeit darauf mit zurückführen.

Auch der Darmkanal ist senilen Aenderungen unterworfen. Anscheinend können gewisse Stoffwechselprodukte von den alternden Tieren nicht mehr in normaler Weise abgebaut und ausgeschieden werden; so beginnt schon im 5. bis 6. Monat eine mit zunehmendem Alter sich steigernde Belastung der Darmepithelzellen mit Harnkonkrementen, die sicher auf den ganzen Organismus nachteilig wirken muß. Im Zusammenhang damit treten bei langlebigen Cyclops-Individuen im 8. Monat Schrumpfungen der Zellen und andere Degenerationserscheinungen am Darmepithel auf, welche die betr. Partien des Darmkanals (mit Ausnahme seines mittleren Teiles) stark verändert erscheinen lassen. Die genannten und andere Alterserscheinungen führen schließlich zu einem völligen Niedergang der Tiere. Zuletzt schwimmen sie nur noch mit unbeholfenen Bewegungen herum und suchen dann im Bodenschlamm Unterschlupf, um auf der Seite liegend das Ende zu erwarten. Bewegungen einzelner Körperteile des Darmes, der Afterklappe usw. zeigen, daß die Tiere noch am Leben sind und es kann noch 2 Tage dauern bis schließlich der Tod eintritt. Dann dringen durch Mund-, Afteröffnung und Gelenkhäute alsbald Bakterien, Flagellaten und Ciliaten in den Körper ein und führen eine Auflösung der Weichteile herbei.

Eingegangen am 22. VII. 1920.

Ueber ein cyclisch auftretendes Organ (renale Blutlymphdrüse) bei der Zwergfledermaus (Pipistrellus pipistrellus Schreb.).

Mit 2 Figuren. Von W. Harms.

Gelegentlich meiner Untersuchungen über die Nebenniere der Zwergfledermaus während der Winterschlafperiode dieses Tieres Winter 1919/20 fiel mir ein Organ auf, das caudal von der linken Nebenniere liegt und die gleiche Größe hat wie letztere. Die Nieren der Fledermaus sind ganz charakteristisch in der Bauchhöhle angeordnet. Die linke Niere liegt mit ihrer Längsachse in der Achse des Körpers (s. Fig. 1. 2. n) und berührt mit ihrem oralen Pol das Zwergfell (Z). An der oralen inneren Wölbung liegt die etwa 3 mm lange Nebenniere (Fig. 1. 2. ne), die länglich geformt ist. Direkt anschließend liegt das fragliche Organ von etwa derselben Größe und Gestalt wie die Nebenniere (s. Fig. 1. bl). Die rechte Niere liegt in einem Winkel von 45° zur Körperachse und schmiegt sich dem Zwergfell dicht an. Ein Leberlappen ist mit dem Hilus verwachsen. Die Nebenniere liegt in dem Winkel zwischen Zwergfell und oralem Nierenpol und ist bei Eröffnung der Bauchhöhle nicht sichtbar. Dadurch wurde ich veranlaßt, bei der ersten oberflächlichen Beobachtung das fragliche Organ für die zweite Nebenniere zu halten, bis mich die genauere Untersuchung eines anderen belehrte. Das Organ liegt der Aorta abdominalis dicht an, oral gehen die Arteriae renales ab. Bei weiterer Untersuchung erwies sich, daß das Organ paarig auftritt. Das zugehörige liegt etwas tiefer im retroperitonealen Gewebe, ebenfalls an der Aorta abdominalis und wird erst bei der Präparation sichtbar. Gefäße ziehen sowohl von der Aorta abdominalis wie von der Vena cava in die beiden Organe direkt hinein. Als ich meine Untersuchungen nun auch auf die Zeit nach dem Winterschlaf ausdehnte, war nichts mehr von dem Organ zu sehen. Lediglich die jetzt etwas vergrößerte linke Nebenniere blieb im Situsbild gut erkennbar.

Die nähere Untersuchung dieser paarigen Organe ergab nun, daß sie zum Typus der Blutlymphdrüsen zu rechnen sind, wenn sie auch nicht vollständig damit übereinstimmen. Ich werde sie als renale Blutlymphdrüsen bezeichnen.

Der erste der die Blutlymphdrüsen als von den gewöhnlichen Lymphdrüsen abweichend erkannt hat, war Leydig, der 1857 dunkelrot gefärbte Körper am Verlauf der Aorta thoracica des Schweines fand, die er als Nebenmilzen bezeichnete. Auch heute

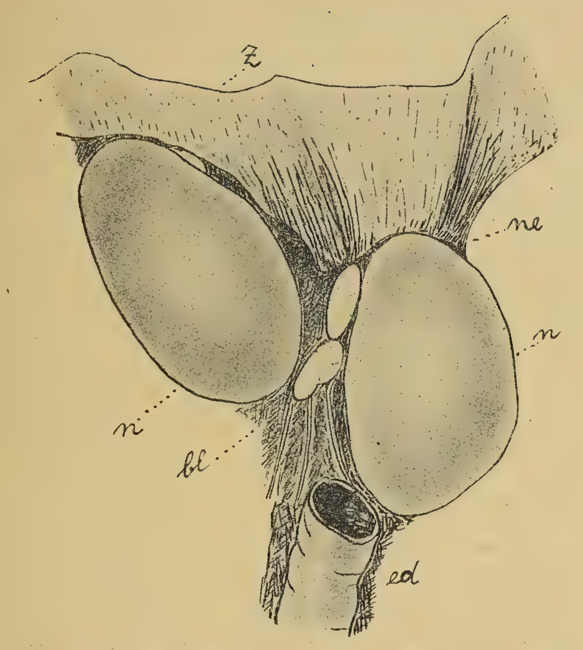


Fig. 1. Situsbild von Pipistrellus pipistrellus Schreb. Am 1. März 1920. Renale Blutlymphdrüse entwickelt. *bl*, renale Blutlymphdrüse. *ed*, Enddarm. *n*, Niere, *ne*, Nebenniere, *z*, Zwerchfell.

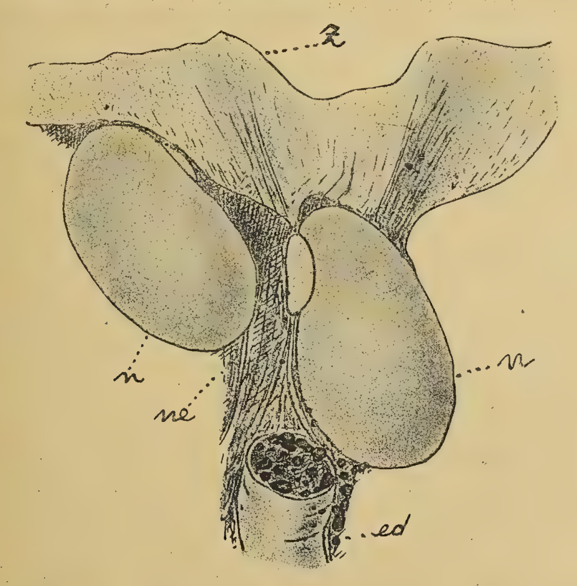


Fig. 2. Situsbild von Pipistrellus pipistrellus Schreb. Am 16. Juni 1920. Renale Blutlymphdrüse rückgebildet. Bezeichnung wie 1.

vertritt ja Weidenreich noch den Standpunkt, daß die Blutlymphdrüsen zur Milz in naher Beziehung stehen.

Beim Menschen fand dann Gibbes 1884 in der Umgebung der Nierengefäße rötlich gefärbte Lymphdrüsen, sowohl bei Kranken als auch bei einem gesunden 20jährigen Mann, der durch Unfall gestorben war.

Russel prägte den Namen Hemo lymph glands. Sein Schüler Robertson nahm 1890 eine genauere Untersuchung dieser Gebilde beim Schaf und Ochsen vor und fand sie hier in sehr großer Zahl oft bis zu 300—400 beim Schaf. Auch beim Menschen beschreibt er sie als *grau-rötlich* manchmal auch tiefrote Organe.

Clarkson, 1891, der sie hemal glands nennt, und sie wie die vorigen Untersucher in der Begleitung der Nierenarterie und ihrer Zweige antrifft, macht zum ersten Mal darauf aufmerksam, daß das Vorkommen nicht *konstant* ist.

Eine eingehende systematische Untersuchung stammt von Vincent und Harrison 1897. Die Autoren fanden die Blutlymphdrüsen bei vielen Säugern, Vögeln, Amphibien und Fischen, besonders auffallend bei Ochsen und Schafen, also bei Wiederkäuern, von der Größe einer großen bis kleinen Erbse. Der Mensch soll nach den Angaben dieser Autoren *keine* Blutlymphdrüsen besitzen. Sie stellen die Drüsen zwischen gewöhnliche Lymphdrüsen und Milz. Besonders bemerkenswert ist, daß sie angeben, das lymphoide Gewebe und die Sinus variiren im Verhältnis zueinander und daß die Sinusräume große Mengen von Pigment und pigmenthaltigen Leucocyten enthalten, worauf ich später noch wieder zu sprechen kommen werde.

Wie wechselnd die Angaben über das Vorkommen sind, zeigen weitere Untersuchungen von Morandi und Sisto 1900 und Warthin 1901. Diese Autoren fanden die Drüsen wieder beim Menschen überall dort, wo gewöhnliche Lymphdrüsen vorkommen.

Eine Einteilung der Lymphdrüsen, Blutlymphdrüsen und Milz nahm 1902 Lewis vor, er unterscheidet: hemal-glands = Milz und Blutlymphdrüsen (bei Mensch, Schaf, Ochse, Pferd, Schwein, Ratte, Maus, Eichhörnchen, Maulwurf, Huhn, Frosch, Kröte); hemal-lymphatic glands = gemischte Drüsen und lymphatic glands = echte Lymphdrüsen.

Zu einer gleichen Einteilung kommt auch Weidenreich, (1905) der die Blutlymphdrüsen beim Schaf besonders genau untersuchte. Nach Weidenreich unterscheiden sich die Blutlymphdrüsen von allen anderen Lymphdrüsen dadurch, daß sie weder zu- noch abführende Lymphgefäße besitzen und außerdem ihr Sinus mit Blut gefüllt ist. Sie stehen so der Milz näher als den gewöhnlichen Lymphdrüsen. Sein System umfaßt folgende ver-

wandtschaftliche Formenreihe: a) Milz, b) Blutlymphdrüsen, c) Lymphdrüsen, deren lymphoides Gewebe mit Blut und Lymphbahnen in Zusammenhang steht und d) die gewöhnlichen Lymphdrüsen mit vollständig getrenntem Gefäßsystem.

Nach Helly besteht diese Einteilung nicht zu Recht, da es nach ihm alle Uebergänge zwischen Blutlymphdrüsen und gewöhnlichen Lymphdrüsen gibt.

Auch Baum neigt in gewisser Weise dieser Auffassung zu und sagt, man könnte die Drüsen nur von Fall zu Fall nach genauer Untersuchung unterscheiden.

Piltz hält die Blutlymphdrüsen für Organe, die in ihrer Entwicklung nicht abgeschlossen sind.

Eine ähnliche Auffassung hat von Schumacher (1913). Er unterscheidet Lymphdrüsen mit Lymphgefäßen a) ohne, b) mit roten Blutkörperchen im Sinus und Lymphdrüsen ohne Lymphgefäße, a) ohne, b) mit roten Blutkörperchen im Sinus.

Charakterstisch für die Blutlymphdrüsen ist also nicht ihre rote Farbe, sondern das Fehlen von Lymphgefäßen. von Schumacher behält aber den Namen rote Blutdrüsen bei, faßt sie jedoch nicht als Organe sui generis auf. Sie bilden keine scharf abgegrenzte Gruppe und können nur als rudimentäre Formen gewöhnlicher Lymphdrüsen angesehen werden.

Ich gehe nun auf den Bau der Blutlymphdrüsen ein und werde die Organe der Zwergfledermaus, die als eine besondere Art Blutlymphdrüsen aufgefaßt werden müssen, im Zusammenhang damit beschreiben. In der Literatur finde ich keine Angaben über diese Organe der Fledermaus, nur Weidenreich erwähnt 1905 in einem Satze Blutdrüsen von Vespertilio murinus während des Winterschlafes, deren Bau und Blutgefäßverhältnisse er mangels einer Schnittserie nicht klar legen konnte. Demgemäß ist auch bei dieser Form während des Winterschlafes die Blutlymphdrüse vorhanden. Leider gibt Weidenreich nichts über ihre Topographie an. Da die Blutlymphdrüsen wirklich genau nur beim Schaf untersucht worden sind (Weidenreich, v. Schumacher) so werde ich mich vor allem darauf stützen.

Beim Schaf haben die Drüsen die Größe eines Stecknadelknopfes bis zur Größe einer Wallnuß, jedoch überwiegt die Erbsengröße. Die Form ist ausgesprochen rundlich, seltener mehr oval; richtig bohnenförmig abgeplattete sind nicht gewöhnlich. Bei der Fledermaus kommen, wie schon erwähnt, während des Winterschlafes 2 große ovale Drüsen vor (2 mm lang, 1,2 mm breit). Oft findet man auch noch 2—3 winzig kleine im retroperitonealem Gewebe. Sie zeigen an der den Gefäßen zugekehrten Seite eine deutlich hilusartige Einziehung. Ich fand sie außer bei der Zwerg-

fledermaus noch bei der Zwerghufeisennase und der Wasserfledermaus in derselben Ausprägung.

Die Farbe ist beim Schaf rot in allen Abstufungen bis schwarz, nicht selten mit einem Stich ins bräunliche. Bei der Fledermaus war die Farbe stets blaßrot mit gelblicher, oft intensiv gelb-bräunlicher Tönung.

Die Gefäßversorgung ist dieselbe wie beim Schafe. In den Hilus treten Arterien und Venen ein. Die Arterien sind Aeste kleinster Arterien, die direkt aus der Aorta ihren Ursprung nehmen. Die Venen kommen aus der Vena cava oder iliaca communis. Lymphgefäße liegen wohl in der Nähe; Aeste aus ihnen treten aber in die Blutlymphdrüse nicht ein, wie ich an Schnittserien feststellen konnte. Injektionen habe ich bei der Kleinheit des Objektes und der Seltenheit des Materials nicht ausführen können. An anderen Stellen als am Hilus treten keinerlei Gefäße ein. Am Längsschnitt kann man folgende Teile unterscheiden: die Kapsel, der Marginialsinus und der bei der Fledermaus schwach ausgeprägte Intermediärsinus und das lymphoide Gewebe.

Die Kapsel ist bei den untersuchten Fledermäusen wesentlich zarter und dünner als bei Schafen, sie besteht aus fibrillärem Bindegewebe, wenig elastischen Fasern und glatten Muskelzellen.

Der Marginalsinus ist auffallend verschieden bei den Fledermäusen von denen des Schafes. Bei den Schafen dringt er überall nach dem Zentrum der Drüse zu in das lymphoide Gewebe ein, welches dadurch in einzelne Haufen zerlegt wird. Bei der Fledermaus dagegen schließt der Sinus gegenüber dem lymphoiden Gewebe durch eine glatte Grenze ab; gewöhnlich ist er an den Seiten der Drüsen viel mächtiger als an den Kuppen. Beim Schaf enthalten die Sinusräume rote Blutkörperchen in großen Mengen. Die Leucocyten spielen nur eine untergeordnete Rolle. Der Marginalsinus der Fledermaus ist dagegen dicht erfüllt von Riesenlymphocyten mit großem Kern mit Nucleolus und wenig Chromatin. Daneben kommen kleine Leucocyten mit wenig Plasma und in wechselnder Menge roten Blutkörperchen vor, die aber zerfallen und von den Riesenlymphzellen aufgenommen werden. Niemals wurden große dichte Anhäufungen von roten Blutkörperchen wie beim Schaf und Rind beobachtet.

Die Sinusräume werden beim Schaf von einem weitmaschigen Reticulum durchsetzt, das in Form von spärlichen und zarten Balken mit den Gefäßen in das lymphoide Gewebe hineinzieht. Bei der Fledermaus sind die Grundformen des Reticulums radiär gestellte Bindegewebsstränge, die durch Seitenverzweigungen mit einander in Verbindung stehen. Besonders auffallend ist ein reichlich auftretendes gelb-bräunliches Pigment, das sich am stärksten

in den Zellen des Reticulums anhäuft, aber auch zuweilen in den Riesenlymphocyten anzutreffen ist; von diesem Pigment rührt die Farbe der Blutdrüsen her. Es scheint dasselbe Pigment zu sein, welches auch Vincent und Harrison gefunden haben. Der ganze Randsinus erhält daher schon im ungefärbten Schnitt eine intensiv gelbe Färbung. Das lymphoide Gewebe ist in die Mitte verlagert, es stellt eine kompakte Masse dar, die im Prinzip ähnlich wie beim Schaf gebaut ist, nur daß beim Schaf das Gewebe in einzelne sich gegen den Marginalsinus vorwölbende Knötchen zerfällt, analog den Sekundärknötchen. Die Grundsubstanz des lymphoiden Gewebes stellt ein dichtes zartes Reticulum dar. In diesem Reticulum liegen dicht gedrängt die Lymphocyten mit kleinen runden chromatinreichen Kernen. Außerdem finden sich noch spärlich rote Blutkörperchen. Die den Solitärknötchen ähnlichen kreisrunden randständigen Zellpartien sind heller gefärbt und mit einem Rand von dicht gelagerten Lymphocyten umgeben. Sie bestehen aus großen, plasmareichen Zellen mit großen meist kreisrunden oder länglich ovalen Kernen und stimmen so mit den Solitärknötchen der Blutlymphdrüsen der Schafe gut überein.

Sehr überrascht war ich, in allen Monaten des Winterschlafes der Fledermaus, sehr zahlreiche Mitosen aufzufinden, wohl ein Beweis, daß diese Drüsen bei dem Blutstoffwechsel während des Winterschlafes eine große Rolle spielen. Auch Weidenreich gibt bei Schafen Mitosen an. Ein Reticulum ist in den Knötchen nicht vorhanden.

Die großen Zellen der Knötchen erinnern in ihrer Größe und Färbbarkeit an die großen Lymphzellen des Marginalsinus. Man findet sie auch wandernd im adenoiden Gewebe, und ich möchte annehmen, daß fie von den Knötchen zum Marginalsinus hinwandern, wo sie sich auch manchmal noch mitosisch teilen, wie ich das zuweilen nachweisen konnte.

Nach von Schumacher und Weidenreich stellen nun die Blutlymphdrüsen Zerstörungsstätten der roten Blutkörperchen dar. Die Blutkörperchen zerfallen im Marginalsinus in Körnchen, die von den Leucocyten aufgenommen werden. Auf diese Weise sollen nach Weidenreich die eosinophilen Leucocyten entstehen. Daneben kommt auch eine Haemophagocyte durch die Retikularzellen vor. Auch nach Piltz rühren die Pigmentkörner der Retikularis beim Rind von den roten Blutkörperchen her. Ich selbst konnte beobachten, daß die Riesenlymphocyten rote Blutkörperchen aufnehmen und daß diese dann einem körnigen Zerfall anheimfallen. von Schumacher sah pigmentführende Zellen in der Blutlymphdrüse der Schafe selten, und dann nur in feinkörniger gelber Form. Pigmentschollen, die Piltz beobachtete,

sah er nicht. Ich konnte sie bei der Fledermaus auch nicht beobachten.

Meine vergleichende Beschreibung der renalen Blutlymphdrüsen der Fledermaus bezog sich auf den Winterschlaf. In dieser Periode kann man diese Drüsen wohl als homolog mit den Blutlymphdrüsen des Rindes und des Schafes ansehen. Die Drüsen wurden bei der Zwergfledermaus in den Monaten November bis Anfang März in immer fast derselben Größe und Lagerung aufgefunden. Auch einige Zwerghufeisennasen zeigten Ende März dasselbe Verhalten. Schon im April und Mai, als ich neues lebendes Material bekam, war nun mit bloßem Auge von diesen sonst so mächtigen Drüsen nichts mehr zu erkennen, und auch im weiteren Verlaufe des Sommers konnte ich derartige Drüsen bei der Zwergfledermaus, der Zwerghufeisennase, Mopsfledermaus und der Wasserfledermaus nicht feststellen. Mit der Lupe oder dem Binocularmikroskop bemerkte man bei der Zwerghufeisennnase kleine kaum sichtbare Drüsen an der Stelle der Winterdrüse, die mikroskopisch eine dicke Kapsel und ein sehr dicht gelagertes adenoides Gewebe in sich bergen. Der Randsinus ist kaum nachweisbar. Ebenso fehlen die Solitärknötchen. Die Drüse ist also im Sommer auf ein Minimum reduziert. Bei der Zwergfledermaus habe ich sie im Sommer nicht mit Bestimmtheit auffinden können.

Wann sie wieder zu wachsen beginnt, vermag ich nicht ganz genau zu sagen. Mir fehlen für die Beobachtung die Monate September und Oktober. Da die Drüsen im August noch nicht wieder entwickelt sind und sie im November schon die maximale Größe erreicht haben, so darf man wohl mit einiger Sicherheit annehmen, daß sie zu Beginn des Winterschlafes sich wieder ausbilden. Welche Rolle sie nun im Blutstoffwechsel spielen, vermag ich nicht zu sagen. Die für die Zeit der Winterschlafruhe so auffallende Mitosen deuten auf eine wesentliche Rolle hin. Auffällig ist auch, daß die Milz im Winter nur halb so groß ist wie im Sommer. Eingehendere Untersuchungen darüber werde ich noch anzustellen haben.

Das periodische Auftreten der renalen Blutdrüsen der Fledermaus, wie ich sie nennen möchte, erklärt vielleicht auch das oft merkwürdige Fehlen dieser Drüsen bei Rindern und Schafen, während sie manchmal wieder zahlreich vorhanden sind. Auch die widersprechenden Angaben beim Menschen sind hierauf zurückzuführen.

Weidenreich sagt von der Blutlymphdrüse der Schafe: „Man kann oft viele Schafe durchmustern, ohne an den Praedilektionsstellen irgendwelche zu finden, dann aber trifft man sie wieder in großen Mengen. Alter und Geschlecht ist dabei anscheinend

ohne jeglichen Einfluß, ebenso der Nahrungszustand des Tieres; sie finden sich bei jungen und alten, fetten und mageren Individuen, bei männlichen, weiblichen oder Kastraten, oder sie können überall da fehlen. Auch die Jahreszeit spielt keine Rolle.“ Piltz hat in Bezug auf das Rind die gleiche Ansicht. Martin und von Schumacher glauben annehmen zu können, daß eine Gesetzmäßigkeit insofern besteht, als bei jungen Tieren unter sonst gleichen Verhältnissen Blutlymphdrüsen häufiger gefunden werden als bei älteren.

Weidenreich hat Schafhändler und Schlächter für das Vorkommen der roten Blutdrüsen interessiert. Sie geben an, daß die Drüsen bei Tieren, die direkt von der Weide kommen, häufiger seien als bei Stalltieren. Weidenreich selbst konnte sich nicht mit Sicherheit von diesen Angaben überzeugen. Nach meinen Beobachtungen bei den Fledermäusen muß man wohl annehmen, daß Stoffwechselzustände und klimatische Ursachen maßgebend sind. Ich werde versuchen, diese Versuche auch bei anderen Winterschläfern periodisch zu untersuchen und besonders meine Beobachtungen an der Fledermaus fortsetzen, deren Biologie noch in vielen Punkten dunkel ist. Das ist um so verwunderlicher, als sie zu den nützlichsten Tieren gehört und in der Vertilgung der Obst- und Forstschädlinge wohl von keinem Tier übertroffen wird.

Eingegangen am 28. VII. 1920.

Literatur.

Weidenreich, Franz. Studien über das Blut und die blutbildenden und zerstörenden Organe. II. Bau und morphologische Stellung der Blutlymphdrüsen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 65, 1905.

von Schumacher, Siegmund. Bau, Entwicklung und systematische Stellung der Blutlymphdrüsen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 81. 1913.

(Weitere Literatur siehe in den beiden vorstehenden Arbeiten.)

Walther Jaensch,

Ueber Beziehungen von körperlichen und psychischen Eigenschaften der Persönlichkeit mit besonderer Rücksicht auf innere Sekretion und klinische Fragen (Mit Demonstrationen).

Vorläufige Mitteilung.

Vortr. gibt zunächst eine kurze Zusammenfassung seiner bisherigen psychophysischen Konstitutionsuntersuchungen. (Vorl. Mitt. in der Zeitschr. f. d. ges. Neur. u. Psych. Bd. 59. 1920). Hier soll im wesentlichen nur von dem Neuhinzugekommenen die Rede sein.

1) Nach den früheren Untersuchungen des Vortr. hatten sich als Grundlage der eidetischen Anlage (d. h. der Anlage zu Anschauungsbildern [1] [AB]) zwei Konstitutionstypen ergeben, der T- und der B-Typus. Ersterer charakterisiert sich kurz gesagt als tetanoider Zustand, letzterer als basedowoider, beide in den allerverschiedensten Abstufungen vorkommend. Je nach ihrer Zugehörigkeit zum T- oder B-Typus weisen auch die AB untereinander wesentlich verschiedene Züge auf. Die AB des T-Typus verschwinden ferner in der Regel auf Kalkzufuhr parallel den somatischen Stigmen, ebenso wie die in solchen Fällen oft verlängerte Dauer der physiologischen Nachbilder. Die AB des B-Typus dagegen verhalten sich, ebenso wie die entsprechenden somatischen Aequivalenten, refraktär gegen Kalk. (Ein Fall normaler AB eines Jugendlichen wird demonstriert.)

Beide Typen kommen isoliert, meist aber verkoppelt vor, entsprechend der Korrelation der vermutlich zugrunde liegenden Stoffwechselvorgänge.

Vortr. schildert eingehend zwei sehr ausgesprochene Fälle von AB und die Wirkung der Konstitutionstherapie. Es handelt sich um ausgeprägte T-Typen. Das Charakteristische der Bilder war das Zwangsmäßige im Auftreten, die relative Starrheit und Unbeeinflußbarkeit. Hierin standen sie den physiologischen Nachbildern nahe. Die Vorstellungen zeigten den gleichen zwangsmäßigen Charakter (Zwangsvorstellungen). Die Kalkzufuhr beeinflußte die schon krankhaft zu nennenden und äußerst störenden AB mit dem Erfolge, daß sie erst Wochen nach Aussetzen des Kalks

1) In ihrem psychologischen Teil fußen diese Untersuchungen auf den demnächst erscheinenden Arbeiten des hiesigen Psychologischen Instituts; vgl. hierzu E. R. Jaensch, „Zur Grundlegung der Jugendpsychologie“ (Leipzig, J. A. Barth, 1921).

und dann nur in rudimentärer Form wiederkehrten; auch psychisch war eine deutliche, subjektiv empfundene und objektiv auffallende Veränderung zum Besseren nachweisbar.

2. Es ergeben sich aus der Behandlungsmethode, die an einem größeren Material erprobt wurde, Perspektiven für die Pädagogik und die Schulmedizin, indem sich hier ein Weg zeigt, in gewissen Fällen die durch sehr gesteigerte AB bedingte Träumerei mancher Kinder erfolgreicher zu bekämpfen als durch die bisher allein empfohlene psychische Beeinflussung. Es zeigt sich, gerade auch in diesen Untersuchungen hervortretend, die umfassende Indikationsbreite einer derartigen prophylaktischen Konstitutionsbehandlung, da der tetanoide Zustand ein geeigneter Boden für spätere Krankheitsprozesse somatischer, nervöser, besonders auch epileptoider Natur (s. u.) zu sein scheint.

3. Vortr. hat a. a. O. darauf hingewiesen, daß die AB des T-Typus relativ starr, die des B-Typus relativ veränderlich sind. Aehnlich wie in den AB scheint auch in den (gewöhnlichen) Vorstellungsbildern des B-Typus das Bewegte und Veränderliche zu überwiegen, im Vorstellungsleben des T-Typus das Starre und Ruhende, eine Tatsache, die wohl auch über das Gebiet der Eidetiker hinaus Geltung haben dürfte [1], da ja T- und B-Typus nicht stets mit AB verbunden sind. Gelegentlich zeigt sich dies auch in schriftlichen Auslassungen (z. B. Aufsätzen) hierher gehörender Individuen. Vortr. bringt solche Aufsatzproben von B- und T-Typen und Nichteidetikern zur Verlesung. Auch letztere zeigen nach Feststellung von Dr. Kroh Besonderheiten gegenüber denen von Eidetikern.

4. Von dem uns hier besonders interessierenden Basedowoid und seinen Rudimentärformen wird der eigentliche Morbus Basedowii des späteren Alters ziemlich scharf getrennt (R. Stern). Nach Stern bestehen zwischen Basedowoid und Morbus Basedowii keine fließenden Uebergänge, wohl aber zwischen leichten und schweren Formen des Basedowoids. Während die Gemütslage des reinen Morbus Basedowii, wie Stern meint, eher eine euphorische ist und weder vor noch nach Abklingen der Erkrankung Erscheinungen von Nervosität erkennbar seien, findet er beim Basedowoid Depressionszustände, Angst und Reizbarkeit, zahlreiche nervöse und hysterische Störungen.

Vortr konnte a. a. O. nachweisen, daß die ausgesprochenen B-Typen sehr oft auch einen T-Komplex aufweisen, der nach vorliegenden Untersuchungen oft mit Depressions- und Angstzuständen, auch Zwangsvorstellungen verknüpft ist (Vortr. belegt diesen

---

1) Nach unveröffentlichten Untersuchungen von E. R. und W. Jaensch.

Parallelismus mit Tabellen seines Materials.) Der Gedanke liegt nicht fern, daß die von Stern erwähnten psychischen Erscheinungen des Basedowoids höheren Grades ebenfalls auf einem begleitenden T-Komplex beruhen könnten. Ferner wurde bei unseren Eidetikern eine ganze Reihe von Erscheinungen gefunden, die man gewöhnlich neurasthenischen, epileptoiden, mitunter hysterischen Bildern zuzuweisen pflegt. Die meisten Individuen („gesunde" Schüler und Studenten) eines derartigen außerklinischen Materials kommen wohl gewöhnlich dem Arzte überhaupt nicht zu Gesicht. Im einzelnen fanden sich Schlafstörungen, Schlafreden, Nachtwandeln, Pavor nocturnus, leichte Absencen, Schwindelgefühle, Kopfschmerzen verschiedenen Grades, teilweise mit gleichzeitigem Brechreiz, Farbensehen; es fanden sich ferner Parästhesien, Crampi aller Art, besonders Waden- und andere Muskelkrämpfe, angioneurotische Beschwerden, Urtikariaanfälle, gelegentliche Temperatursteigerungen.

Es zeigte sich, daß alle diese Erscheinungen, die Vortr. Akzidenzien im Gegensatz zu den Stigmen des T-Typus nennen möchte, auf Kalk meist ebenso verschwanden wie die Stigmen des gleichen Komplexes.

Curschmann betrachtet die Kalkwirkung als so spezifisch, daß er ihrem positiven Erfolg diagnostische Bedeutung beimißt. Ist dies richtig, woran nach vorliegendem Material nicht zu zweifeln ist, so müssen auch diese Akzidenzien des T-Typus in derartigen Fällen als tetanoide Erscheinungen aufgefaßt werden. Auch bei klinischer Tetanie liegen ja oft ähnliche Begleiterscheinungen vor.

Der praktische Arzt dürfte daher nach den hier berichteten Erfahrungen in der Lage sein, durch Nachweis der AB und der verlängerten Nachdauer der physiologischen Nachbilder in seiner Sprechstunde manchen, besonders jugendlichen, aber auch erwachsenen Patienten bessere und wirksamere Hilfe bei mannigfachen unbestimmten Klagen zu bringen, als dies bisher oft möglich war. Denn in vielen solcher Fälle sind neben diesen Klagen außer den optischen Stigmen keinerlei Zeichen einer klinischen Anomalie nachweisbar, die auf die Natur des Leidens Schlüsse zu ziehen erlaubte, und die Prüfung der galvanischen Erregbarkeit der Nerven erfordert größere, nicht immer vorhandene Hilfsmittel.

Es liegt im Bereiche der Möglichkeit, unter Benutzung des T- und B-Typus in der Neurasthenie, besonders der Jugendlichen, vielleicht gewisse Abgrenzungen vorzunehmen. Aber es ist nach verschiedenen Fällen des Materials zu vermuten, daß sich die eine oder andere Neurasthenie auch bei Erwachsenen als sensibler und sensorischer T-Typus herausstellt (vgl. auch Curschmann,

Münch. med. Wochenschr. 1919), der auch in diesem Lebensalter durch energische Kalkzufuhr mitunter eine überraschende Umstimmung erfahren kann.

5. Weiter fanden sich bei der näheren Untersuchung der A B einzelner Eidetiker Anklänge an bekannte Erscheinungen bei Epilepsie: Größenänderungen, ja Raumverlagerungen, nicht nur in den AB, sondern auch bei wirklichen Wahrnehmungsgegenständen (Es erfolgt Demonstration der Makropsie wirklicher Wahrnehmungsgegenstände bei einem Eidetiker).

Es ist dies bei den Eidetikern keine pathologische Erscheinung; bei besonders ausgeprägten Fällen kommt es häufig vor, daß auch die Wahrnehmungen wirklicher Sehdinge verändert sind, insbesondere auch die Werte der scheinbaren Größe (nach Untersuchungen von Herrn Freiling). Aber die möglichen Zusammenhänge mit der gleichen Erscheinung bei Epileptikern sind deutlicher noch bei einer der auch von Herrn Freiling benutzten Versuchspersonen. Es handelt sich um einen 16jährigen jungen Mann mit sehr deutlichen AB und sehr stark verlängerter Nachdauer des physiologischen Nachbildes, mit Uffenheimer'schem Tetaniegesicht, sonst somatisch ein T-B-Typus. Bei diesem jungen Manne besteht eine ganz besonders ausgeprägte Makropsie und Raumverlagerung der Sehdinge, die sowohl durch gelegentliche Selbstbeobachtung hervortrat, als auch durch Versuche nachweisbar ist. Auf der Straße wachsen Menschen, Bäume und Häuser oft riesengroß. Diese ängstigende und quälende Erscheinung wird noch unangenehmer und verwirrender durch begleitende Empfindungen: die Makropsie ist bei ihm von einem unangenehmen, vom Magen zur Kehle aufsteigenden, teils Schwindel erregenden, teils zusammenschnürenden Gefühle begleitet. Unzweifelhaft würden wir solche Erscheinungen unter anderen Umständen als eine epileptische Aura bezeichnen. Es sind aber an dem Falle im übrigen keine dahin gehörende Merkmale nachzuweisen. Psychisch bestehen ausgesprochene Zwangsvorstellungen, Zwangshandlungen, unmotivierte Angst. Die Kalktherapie erwies sich auch hier sichtlich erfolgreich; die unangenehmen Begleiterscheinungen der Makropsie verschwanden, der psychische Zustand besserte sich. Sollte es gelingen, die Intensität der Anschauungsbilder noch herabzudrücken, so ist anzunehmen, daß auch die Makropsie verschwindet, da diese mit der Hochgradigkeit der AB im Zusammenhang steht, wie aus den psychologischen Versuchen von Herrn Freiling an einem größeren Material von Eidetikern hervorgeht. Die schwere Beeinflußbarkeit der Bilder durch Kalk ist darin begründet, daß es sich hier um einen Mischtyp mit starker B-Komponente handelt. Es wird darauf zu achten sein, ob jene Anklänge an den epileptischen

Symptomenkomplex bei den T-Typen und ihren Mischformen mit den gleichen Erscheinungen bei klinischer Epilepsie etwas zu tun haben. Vielleicht ist hierbei besonders an „die konstitutionell-dynamische Gruppe“ (Binswanger) dieser Erkrankung zu denken.

6. Sowohl bei T- als auch bei B-Typen kann das optische Stigma auch isoliert vorkommen. Entsprechendes isoliertes Vorkommen ist auch von anderen tetanoiden Stigmen schon bekannt (Chvostek). Hierdurch und durch einige konkrete Fälle vorliegenden Materials wird der Gedanke nahegelegt, daß die AB eine Anlagedisposition zu halluzinatorischen Erkrankungen darstellen könnten. Dank dem liebenswürdigen Entgegenkommen von Herrn Professor Zangemeister war Vortr. in der Lage, Schwangere auf das Vorkommen von AB zu prüfen. Während AB bei Erwachsenen selten sind, fanden sie sich hier bei 18 untersuchten Wöchnerinnen in 12 Fällen, also bei 67 Prozent, in 4 Fällen ausgesprochen, bei den übrigen in rudimentärer Form. Auch die Dauer des physiologischen Nachbildes war oft verlängert. Im allgemeinen kann nach diesem Befunde gesagt werden, daß das AB und das Nachbild sich in der Art ihres Auftretens bei den untersuchten Schwangeren genau wie bei den Jugendlichen verhalten; es scheint sich dabei meist um T-Fälle gehandelt zu haben. Zu untersuchen wird sein, ob auch die galvanische Erregbarkeit entsprechende Veränderungen erfährt. Eine gewisse Spasmophilie der Schwangeren ist ja bekannt, und die ersten Tetaniefälle, die überhaupt beschrieben wurden, betrafen Schwangere. Durch die vorliegenden Untersuchungen wurde somit an den geprüften Fällen auch auf zerebralem Gebiete Ueberregbarkeit festgestellt. Hieraus sind vorbehaltlich weiterer Bestätigung dieser Ergebnisse einige Folgerungen zu ziehen: a) Es scheint sich auch hier wieder zu bestätigen, daß die eidetischen Fähigkeiten auf innersekretorischen Vorgängen beruhen. Es ist hierbei an die Schwellung der Schilddrüse bei Schwangeren, die Hypophysenveränderungen und die Tetaniebereitschaft zu denken. b) Es dürfte in Erwägung zu ziehen sein, ob im Gefolge der Schwangerschaft auftretende halluzinatorische Zustände mit den nachgewiesenen eidetischen Eigentümlichkeiten der Schwangeren etwas zu tun haben, ebenso wie deren Depressions- und Angstzustände mit dem bei ihnen auftretenden T-Komplex. Nach der Angabe von Siemerling dominiert unter den Puerperalpsychosen das akute halluzinatorische Irresein mit 55,4 Prozent. Besonders wird darauf zu achten sein, ob die AB bei eidetischen Frauen in der Schwangerschaft eine solche Steigerung erfahren, daß sie, auch ohne infektiös toxische Einflüsse, in Halluzinationen überzugehen drohen. Es wäre dann unter Umständen in geeigneten Fällen an eine Kalziumprophylaxe zu denken.

Der Zusammenhang der Fieberdelirien der Kinder, sowie überhaupt deren stärkere Neigung zu Halluzinationen, mit den ihnen eigentümlichen lebhaften AB dürfte kaum zu bezweifeln sein. Ebenso wirft die Untersuchung der AB auch ein Licht auf die Tetanie- und Basedowpsychosen.

Bei Tetaniepsychosen, deren Krankengeschichten in der Literatur niedergelegt sind, nimmt der Wirklichkeitsgrad der Halluzinationen zu und ab parallel den somatischen Erscheinungen. Entsprechendes zeigte sich auch bei unseren T-Fällen bei der Kalkbehandlung.

Herr cand. Sp., der so liebenswürdig war, sich hier vorzustellen und dessen AB vom B-Typus intensivster Art sind, hat früher ausgesprochen an klinischer Basedowkrankheit gelitten; die Krankheit klang nach einem Unfall spontan ab. Auch somatisch sind noch Latenzzeichen nachzuweisen. Aber seine AB sind von solcher Eindringlichkeit und stehen dem Eindruck der Wirklichkeit so nahe, daß es sehr wohl verständlich erscheint, wenn in ähnlichen Fällen der volle Wirklichkeitseindruck erreicht werden kann (Demonstration).

Jolly und F. Chvostek konnten bei Gehörshalluzinanten galvanische Ueberregbarkeit des Hörnerven feststellen. Bei „Gesunden" findet sich nach F. Chovstek im allgemeinen nur in 15 Prozent aller Fälle überhaupt eine Klangreaktion auf galvanische Reizung bei erträglichen Stromstärken. Bei 7 Tetaniekranken fand er sechsmal KS-Klang bei 2.0—5.0 MA, Vortr. bei 6 geprüften Eidetikern sechsmal eine Klangreaktion am Acusticus bei ähnlich niedrigen Werten (KS Kl 0.6—3.8 MA); darunter besaßen 3 außer den optischen AB die so seltenen akustischen.

Es wird also die Frage des Zusammenhangs von AB und den Halluzinationen auf verschiedenen Sinnesgebieten näher zu prüfen sein.

Auch Hoche sowie Sommer haben darauf hingewiesen, daß der Symptomenkomplex funktioneller Psychosen in der psychischen Konstitution vielfach vorherbestimmt ist. Die Frage des Zusammenhangs zwischen AB und Halluzinationen ist auf dem Wege der einfachen Beobachtung aber zurzeit nicht ganz leicht zu klären; denn unter dem auf seine Konstitution untersuchten Material des psychologischen Institutes sind die Fälle wirklich krankhafter oder an das Krankhafte grenzender Art naturgemäß selten, andererseits fehlt beim klinischen Material doch meist die psychophysische Konstitutionsuntersuchung vor der Erkrankung.

Es sollte daher versucht werden, der Frage eines Zusammenhangs der eidetischen Anlage mit den Halluzinationen auf dem Wege des pharmakologischen Versuches näher zu kommen.

7. Der Pharmakologe L. Lewin hat zuerst im Jahre 1888 in der bis dahin für indifferent gehaltenen Pflanzenfamilie der Kakteen eine mexikanische, nach ihm benannte Art, Anhalonium Lewinii, die auf das Gehirn wirkt, kennen gelehrt und sie pharmakologisch und chemisch untersucht. Sie wird von den Eingeborenen Nordmexikos zu Berauschungs- und Kultzwecken benutzt. Von ihr wurde unter anderem eine starke Beziehung zur optischen Sphäre festgestellt.

Herr Professor Lewin hatte die Freundlichkeit, uns die wertvolle Droge zur Verfügung zu stellen und auch für ihren Gebrauch die näheren Anweisungen zu erteilen. In ähnlicher Richtung bewegten sich schon die Versuche von Guttmann und v. Hornbostel, die mit dem Präparat nach Anweisung von Lewin auf experimentellem Wege Halluzinationen von größter Deutlichkeit bei vollständig erhaltenem Bewußtsein und ohne sonstige Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens hervorriefen. Außer diesen Versuchen und den von Lewin selbst und zwei anderen Autoren in den Jahren 1888—97 veröffentlichten Beobachtungen, sowie einigen Versuchen aus der Kraepelinschen Klinik liegen neuere Erfahrungen mit dem Präparat nicht vor.

Besteht ein Zusammenhang zwischen den Halluzinationen und den von uns aufgestellten Konstitutionsstigmen, dann war zu vermuten, daß dieser Zusammenhang auch bei Versuchen mit der Droge hervortreten würde. Man konnte erwarten, daß das Präparat, welches bei großen Dosen (bis 7 gr) zu Halluzinationen führte, bei einheitlicher Verwendung kleiner Dosen (1 bis 2 gr) bei Nichteidetikern das Auftreten, bei Eidetikern aber eine Steigerung der hier schon normalerweise vorhandenen optischen Konstitutionsstigmen hervorrufen würde. Das hat sich denn auch in der Tat bestätigt.

Zu dem eidetischen Typus gehört nicht nur die Fähigkeit zu optischen AB im engeren Sinne, sondern überhaupt eine gesteigerte Anspruchsfähigkeit der optischen Sphäre; insbesondere sind, wie erwähnt, oft auch die physiologischen Nachbilder gesteigert und sicher in sehr vielen Fällen auch die visuellen Vorstellungsbilder. Die Steigerung der Nachbilder darf als die erste und niederste Stufe der eidetischen Anlage gelten.

Dementsprechend beobachteten wir bei unseren Versuchen mit Anhalonium Lewinii alle die erwähnten Modifikationen der optischen Funktionssphäre. Individuen[1] ohne eine Spur der eidetischen Anlage hatten nach Einnahme des Präparates physiologische Nachbilder von verlängerter Dauer und verstärkter Deutlichkeit, wie

1) Hierzu wurden Studenten als Versuchspersonen benutzt, die sich derartigen Versuchen bereitwillig unterzogen.

durch quantitative Untersuchungen über das periodische Auftauchen und Verschwinden der Nachbilder festgestellt wurde; z. B. wurden im Hering'schen Farbenkreis erst unter Anhaloniumwirkung im Nachbild die einzelnen Sektoren sichtbar, die vorher nicht zu sehen waren, das ganze Bild war jetzt länger sichtbar und deutlicher, die Farben leuchtender, in komplementärer Färbung zum Urbild. Die Untersuchungen des psychologischen Institutes hatten ergeben, daß bei schwacher eidetischer Anlage die Nachbilder und AB komplementär zum Urbild, bei stärkerer Anlage dagegen urbildmäßig gefärbt sind. Dementsprechend zeigte sich, daß Individuen, die infolge ihrer schwachen eidetischen Anlage nur komplementär gefärbte Bilder hatten, nach Einnahme des Anhaloniums auch urbildmäßig gefärbte sahen. Das Gleiche zeigte sich bei Individuen, die auf der Grenze, aber noch unterhalb der eidetischen Anlage standen, indem sie nur sehr lebhafte Vorstellungsbilder besaßen; etwa 30 Minuten nach Einnahme der Droge traten hier deutlich urbildmäßig gefärbte AB auf, wenn ihre Dauer auch in Anbetracht der geringen Dose nur kurz war.

Bei einem Individuum mit guter eidetischer Anlage vom B-Typus nahm nun unter Wirkung der Droge schon das Nachbild groteske Formen an: Ein rotes Quadrat verwandelte sich in ein „rotes fettglänzendes Gesicht". Selbst die wirklichen Wahrnehmungsgegenstände nahmen teilweise ungeheuerliche Formen an, immer bei vollständiger Erhaltung des Bewußtseins und der Selbstkritik.

Normalerweise schon kann eine in Rotation versetzte Spiralscheibe wie ein Kegel erscheinen, der entweder seine Spitze oder seine Basis dem Beobachter zukehrt, je nachdem die Scheibe in der einen oder der anderen Richtung gedreht wird. In diesem Falle nun hatte die Vp. das illusionäre Bild eines spitzzulaufenden Tunnels von mehreren Metern Tiefe, in welchem sie sich selber zu befinden schien. Die Wände des Tunnels schienen deutlich mit Tropfsteingebilden bedeckt zu sein. Bei umgekehrter Drehrichtung dagegen sah sie einen ungeheueren auf sich zugekehrten Kegel von mehreren Metern Höhe. Die Größe dieser Formen nahm mit Abklingen der Anhaloniumwirkung stufenweise ab.

Die Stimulation der optischen Sphäre zeigte sich auch in einer Steigerung der Empfindlichkeit gegenüber Helligkeitsunterschieden ganz ähnlich wie bei Strychnin. Wir wiesen dies nach durch Prüfung der Empfindlichkeit gegen ebenmerkliche Helligkeitsunterschiede. Wir benutzten den Lummer'schen Würfel, der in der Physik zu photometrischen Bestimmungen dient, um ebenmerkliche Helligkeitsunterschiede herzustellen. Die Prüfung erfolgte vor und nach der Einnahme des Präparates.

Weiter zeigte sich eine Steigerung der optischen Aufmerksamkeit, indem die Vpn. spontan angaben, daß sie viele Einzelheiten von im Zimmer vorhandenen Gegenständen jetzt beachteten, die ihnen vor Einnahme der Droge nicht aufgefallen waren.

Ebenso konnte eine gesteigerte Deutlichkeit der visuellen Vorstellungsbilder nachgewiesen werden. Sie ergab sich schon aus der spontanen Aeußerung der Vpn., daß jetzt die Erinnerungsbilder an rein vorstellungsmäßig vergegenwärtigte Objekte von größerer Deutlichkeit seien, dann aber auch durch besondere Lernversuche mit Buchstabenkarres.

Die Wirkung von kleinen Dosen des Anhaloniums auf die optische Sphäre scheint eine fast spezifische zu sein; wenigstens ließen Schwellenuntersuchungen auf dem Gebiete des Tast- und Gehörsinnes bei unseren Vpn. auf diesen Sinnesgebieten keine Wirkung des Präparates erkennen. Guttmann und v. Hornbostel konstatierten dagegen bei ihren großen Dosen bis 7 gr außer den optischen Halluzinationen Parageusien, Parästhesien und autokinetische Halluzinationen. Wie weit solches jedoch von der individuellen Anlage abhängt, soll noch weiter durch individualpsychologische Untersuchungen festgestellt werden. Verfügen wir doch über Vpn., welche außer auf optischem Gebiete auch Anschauungsbilder auf anderen Sinnesgebieten besitzen.

Was sonstige psychische Wirkungen anlangt, so trat eine Stimmungsexzitation ein, ähnlich der, die bei Alkoholwirkung beobachtet wird: Motorische Unruhe und geistige Lebhaftigkeit, Redseligkeit, unmotiviertes Lachen, ein gewisser Leichtsinn, kurz ein Wegfall von Hemmungen, der sich an den Versuchstagen noch Stunden nach Einnahme des Präparates bei einzelnen Vpn. auch durch Geldausgaben verriet, die sie sich nach eigener Angabe sonst erspart hätten. Hierzu trat als besondere Wirkung noch eine Art „Entrückungsgefühl“, das als äußerst angenehm zu bezeichnen ist: Man fühlt sich gewissermaßen der Erdenschwere enthoben. Bei manchen Vpn. dagegen trat statt der Exzitation eine große Müdigkeit auf.

Von somatischen Wirkungen ist wenig zu bemerken. Die Blutdruckprüfung ergab, wenigstens bei den geringen Dosen, bis jetzt kein eindeutiges Resultat, konstant dagegen war eine Verlangsamung der Pulszahl, die ziemlich parallel mit der optischen Wirkung ging, mit ihr einsetzte und verschwand.

Irgend welche erstere Beschwerden traten zu keiner Zeit auf, die größte Wirkung war etwa eine Stunde nach Einnahme der Droge.

Im allgemeinen macht sich keine unangenehme Nachwirkung

bemerkbar.[1] Die Versuche sollen fortgesetzt werden; insbesondere wird zu erproben sein, ob dem Mittel vielleicht auch in gewissen Fällen eine klinische Bedeutung zukommt. Man könnte an Fälle denken, wo ähnlich wie durch Strychnin eine Steigerung der Sehschärfe erstrebt wird, oder aber eine Belebung der Vorstellungstätigkeit, deren völliges Fehlen ja bei manchen Melancholien eine Hauptklage der betreffenden Patienten bildet. Vielleicht könnte hier die Anhaloniumwirkung im Sinne einer Uebung ausgenutzt werden, oder es könnte doch wenigstens dem Patienten gezeigt werden, daß sein Vorstellungsleben nicht erloschen ist. Hierdurch könnte er unter Umständen einer weiteren geeigneten Beeinflussung zugänglicher gemacht werden. Bei diesen künftigen Versuchen wird besonders auf die bei manchen Eidetikern schon in den AB zutage tretenden verschiedenen charakteristischen Eigenschaften geachtet werden müssen: Einerseits die Starrheit, Perseveranz, den mitunter angreifenden Charakter einzelner AB, die bei manchen Typen zutage tretende Selektion, die Zwangsmäßigkeit im Auftreten bestimmter Bilder, ferner andererseits auf die Willkürlichkeit und die mannigfachen, oft kaleidoskopartigen Veränderungen der AB bei anderen Eidetikern, deren buntschillernde Vielheit und Schnelligkeit der Abwandlung mitunter ein Analogon der Ideenflucht zu sein scheint. Diese zwei besonders hervortretenden gegensätzlichen Typen der eidetischen Anlage, die sich nach unseren Untersuchungen auch somatisch unterscheiden, werden einer eingehenden Betrachtung unter der Wirkung des Anhalonium Lewinii unterzogen werden müssen. Vielleicht, daß sich dann mittels solcher Beobachtungen ein Weg eröffnet, der zu neuen Abgrenzungen wenigstens im Gebiete von halluzinatorischen Erkrankungen führen könnte, wie dies Hoche und Sommer in ihren Bemerkungen über Individualpsychologie und Psychiatrie bereits als möglich angedeutet haben. Uebrigens hat Sommer ebenfalls darauf hingewiesen, daß bei Delirium tremens die Neigung zu Visionen, und illusionärer Verkennung optischer Eindrücke bei verschiedenen Individuen verschieden ausgeprägt ist (Eidetiker?). Es liegt nahe, diese Verhältnisse nach den hier verwandten Methoden und bei besonderer Berücksichtigung des eidetischen Typus unter Verwendung auch praktisch wichtigerer Gifte, etwa des Alkohols durchzuführen.

8. Die Versuche sind zugleich ein kleiner Beitrag zu der Frage von Konstitution und Giftwirkung. Es findet hier unter dem Einflusse einer Droge gleichsam eine Verschiebung im Sinne eines

1) Vortr. hat auch selbst keinerlei schädliche Wirkungen verspüren können.

Konstitutionsstigmas statt. Individuen, bei denen es nicht andeutungsweise vorhanden ist, zeigen es nach der Einnahme in schwacher Form. Solche, die den Stigmatisierten nahe stehen, treten während der Wirkungsdauer in den Kreis der Stigmatisierten ein. Bei letzteren selbst erfährt das Stigma bei der gleichen Dosis eine bedeutende Steigerung. Das Gift produziert also hier etwas, was normalerweise auch der Organismus hervorbringt, da derselbe doch die verschiedenen Grade der Stigmen darbieten kann. Man könnte mit Vorsicht hieraus den Schluß ziehen, daß die Giftwirkung hier schon eine aktive Reaktion des Organismus darstellt, wie ja solche aktive Reaktionswirkungen in der Physiologie und der Klinik auf verschiedenen Gebieten angenommen werden.

9. Diese Untersuchungen bewegen sich im Sinne des Programms einer gleichzeitig psychologischen und physiologisch-klinischen, d. h. also psychophysischen Konstitutionsforschung. Es zeigt sich eine Beziehung zwischen der Beschaffenheit des Vorstellungslebens und der Funktion von Organen der inneren Sekretion.

Da die T- und B-Typen mit Tetanie und Basedowoid zusammenhängen, andererseits aber in besonderer Ausprägung ein normaler Charakter einer gewissen Jugendepoche sind, so wird wegen der Wechselwirkung der endokrinen Drüsen bei der Fortführung der Untersuchungen auch auf mögliche Zusammenhänge mit der Steinach'schen Entdeckung zu achten sein.

In der Diskussion sprachen die Herren Tuczek, F. Hofmann, E. R. Jaensch, Hellwig, Bessau, Walther Jaensch.

Eingegangen: 15. 12. 20.

(Aus dem anatomischen Institut der Universität Marburg a. L.)

Otto Veit:

Ueber einen menschlichen Embryo aus dem Anfang der 4. Woche.

(Vorläufige Mitteilung.)

Die Befunde, über welche ich kurz berichten möchte, wurden erhoben bei dem Studium einer jungen menschlichen Gravidität aus der vierten Schwangerschaftswoche. Bei einer 36jährigen Frau war zwecks Unterbrechung bestehender Gravidität und zwecks Sterilisierung wegen Lungentuberkulose in der hiesigen Frauenklinik die vaginale Uterusexstirpation ausgeführt worden. Das Präparat wurde in dankenswerter Weise mit Zustimmung von Herrn Prof. Zangemeister zur technischen Verarbeitung der hiesigen Anatomie übergeben und wird nunmehr von Herrn Prof. Esch und mir gemeinsam durchgearbeitet. Die Untersuchung ist noch durchaus nicht abgeschlossen. Es haben sich aber schon eine Reihe recht interessanter und, wie uns scheinen will, nicht unwichtiger Befunde ergeben, über welche hier, der in Vorbereitung befindlichen ausführlichen Darstellung vorgreifend, berichtet werden soll.

Die erste Aufgabe, welche nach der Gewinnung des Präparates an uns herantrat, war die eine geeignete Fixierung auszuführen. Die Technik der Fixierung und die Wahl der Fixierungsflüssigkeit sind von grundlegender Bedeutung bei einem jeden Präparat, ganz besonders aber bei einem so wertvollen Objekt, welches immerhin zu den Seltenheiten gehört und deshalb nach allen Richtungen hin untersucht werden muß. Wir entschlossen uns nach reiflicher Ueberlegung, hier und auch stets bei der weiteren Bearbeitung unterstützt und beraten durch meinen verstorbenen Lehrer Herrn Geh. Rat Gasser, die Fixation in situ im geschlossenen Uterus vorzunehmen. Will man eine gute Fixation des Embryo selbst durchführen, wie er bei älteren Graviditäten im Vordergrund des Interesses steht, so ist es fraglos richtiger den Uterus und die Eikammer zu öffnen, sodaß die Fixierungsflüssigkeit sofort auf das Embryonalgebilde einwirken kann. Bei so jugendlichen Graviditäten wie in unserem Falle ist aber das Studium der Eihäute und ihrer Beziehungen zur Uteruswand von ebenso großem Interesse wie das des Embryo. Wir haben deshalb die Fixierung im geschlossenen Uterus vorgenommen, um die Eihäute in ihrer natürlichen Lage

und Verbindung zu erhalten. Wir mußten allerdings dabei in Kauf nehmen, daß die Fixation der Eikammer und ihres Inhaltes erfolgte unter dem Druck der Uterusmuskulatur. Es schien uns dies das kleinere Uebel zu sein gegenüber der Gefahr, daß bei Oeffnung des Uterus vor der Fixierung durch Kontraktion der Muskelschicht der Uteruswandung die Eikammer im ganzen in ihrem Bett gelockert werden könnte. Um zu erreichen, daß das Fixierungsgemisch doch einigermaßen rasch an den Eikammerinhalt gelangen konnte, wurde durch einen rückläufigen Uteruskatheter das Uteruslumen mit der Fixierungslösung durchspült und die Fixierungslösung selbst auf Körpertemperatur vorgewärmt. Mit Absicht wurde abgesehen von der Fixierung auf dem Wege der uterinen Blutgefäße durch Injektion von den Stümpfen der Arteriae uterinae aus, da hierbei die Gefahr der Störung der Verbindung von fetalem und maternem Gewebe kaum zu vermeiden sein dürfte.

Als Fixierungslösung wählten wir die Müller'sche Lösung in Verbindung mit Formol in einer Stärke, daß die Mischung 4 % Formaldehyd enthielt. Formalin ist bei der Fixierung größerer Gewebsmassen das suveräne Fixierungsmittel einmal wegen der hohen Diffusionsgeschwindigkeit, dann aber auch, weil es beim Eindringen von der Außenseite her keine so harten, schwer durchdringbaren Krusten erzeugt, wie viele unserer sonstigen, bei kleinen Gewebsstücken dem Formalin überlegenen Fixationsmittel. Eine Chromsalzlösung, eben die Müller'sche Flüssigkeit, wurde zur erforderlichen Verdünnung des Formols auf das 10fache der im Handel befindlichen Stammlösung benutzt, weil erfahrungsgemäß feinere Plasmastrukturen, namentlich Zellausläufer, bei mit Chromsalzen fixierten Präparaten sich besonders gut darstellen lassen. Auf Grund dieser Ueberlegungen wurde nun das ganze bei der Operation gewonnene Präparat nach Durchspülung der Uterushöhle eingelegt in Müller-Formol, später in Formol-Alkohol (2 % bezw. 60 %) und dann im Laufe der nächsten Wochen in bis zu 96 % steigendem Alkohol gehärtet.

Es mußte nun zur Oeffnung des Uterus geschritten werden. Da es bei der Betrachtung des frisch gewonnenen Präparates so ausgesehen hatte, als ob die hintere Wand stärker mit Blut versorgt gewesen war als die vordere, und weil die hintere Wand ein weniges stärker gewölbt schien als die vordere, vermuteten wir den Sitz der Gravidität in der hinteren Wand. Es wurde deshalb vorsichtig der Uterus durch einen Frontalschnitt in vordere und hintere Hälfte zerlegt. Das Glück war uns günstig: es gelang die Zerlegung ohne Verletzung der Eikammer. Die Betrachtung der beiden Uterushälften ergab folgendes Bild: die vordere Hälfte zeigt das charakteristische Bild der Schwangerschaftsveränderung. Die Uterus-

schleimhaut ist zu einer mehrere Millimeter dicken Schicht verdickt und zeigt die typische grobe Felderung, welche als Schwangerschaftsfelderung bekannt ist. Die hintere Wand zeigt im allgemeinen das gleiche Bild, doch finden wir hier etwa in der Mitte der hinteren Wand die Eikammer. Sie springt als fast kreisrunde, abgeplattete Vorwölbung gegen das Uteruslumen vor, gegen die umgebende Schleimhaut unvollkommen abgegrenzt durch tiefere Schleimhautfurchen. Eine Felderung der Schleimhaut findet sich im Eikammerbezirk nicht. Die Schleimhaut im ganzen Eikammerbezirk, die Decidua capsularis, erscheint dunkelrot verfärbt wie durchblutet. Ihre äußere Oberfläche ist aber vollkommen glatt ohne irgendwie erkennbare Verletzung. Der abgeplatteten Eikammervorwölbung der hinteren Wand entsprechend weist die vordere Wand eine leichte grubenförmige Vertiefung auf.

Die nächste Aufgabe war nun die Eikammer zu öffnen und das Embryonalgebilde freizulegen. Es wurde mit spitzer Schere und Pinzette der Eikammerdeckel abgehoben und so die Chorionhöhle eröffnet. Es klingt dies sehr einfach, ist aber bei der Kleinheit des Objektes und der durch Fixierung und nachfolgende Alkoholbehandlung erheblichen Härte des Gewebes eine recht heikle Operation, welche eine sehr ruhige und geschickte Hand erfordert. Wir sind hier der erfahrenen Hilfe des verstorbenen Herrn Geh. Rat Strahl zu außerordentlichem Dank verpflichtet. Ihm gelang, dank seiner großen Erfahrung, die Oeffnung der Eihöhle ohne die geringste Schädigung. Zunächst bot sich dem gespannten Blicke nichts als eine glasige zähe Gallerte, das Magma reticulare. Dieses wurde mit äußerster Vorsicht durch einen weichen Pinsel entfernt und so das Embryonalgebilde freigelegt, welches der hinteren Wand der Eihöhle fest anhaftete. Während die Eihöhle in der Richtung von oben nach unten und von rechts nach links einen Innendurchmesser von 13 bezw. 11 mm zeigte (der Durchmesser von vorn nach hinten konnte naturgemäß nicht gemessen werden, war aber sicher geringer und jedenfalls auch beeinflußt von der Fixation im geschlossenen Uterus, worauf auch die Abplattung der ganzen Eikammer hinweist), zeigte sich ein kleiner Embryo von nur ca. 2½ mm größter Länge (nach der Schnittserie später berechnet zu 2,3 mm). Der Embryo mit seinem Dottersack liegt mit der linken Seite der Rückwand der Eihöhle dicht an, an diese fixiert durch einen kurzen dicken Bauchstiel. Nur die rechte Seite war also zu übersehen. Der Dottersack, dessen größter Durchmesser ca. 2¼ mm betrug, war zusammengefaltet, seine Oberfläche höckerig. Einzelheiten waren nicht zu erkennen, da Magmareste an der rauhen Oberfläche hafteten. Der Embryo liegt dem Dottersack mit seiner Ventralfläche breit auf, umschlossen von einem eng anliegenden

durchsichtigen Amnion. Im ganzen ist der Embryo leicht über die Bauchfläche gekrümmt, das Schwanzende stark abgebogen und gegen Dottersack und Bauchstiel nicht weiter genau zu verfolgen, da auch hier Magmareste den weiteren Einblick hindern. Das Kopfende ist vom Dottersack deutlich abgehoben. Man erkennt bei Lupenbetrachtung gut eine tiefe Medullarrinne auf der Dorsalfläche des Kopfendes. Das Kopfende liegt nicht völlig in der graden Fortsetzung des Rumpfes, sondern ist leicht dorsal aufgebogen über der Herzanlage, welche als Wulstung zwischen Dottersack und Kopfende erkennbar ist. Ueber die Herzanlage springt das Kopfende ein weniges frei vor. Das Amnion umgibt den Embryo als enger durchsichtiger Sack; nur am Kopfende ist die Amnionhöhle als enger Spalt zu erkennen. Das waren die Einzelheiten, die zunächst mit bloßem Auge und mit Lupe zu erkenen waren.

Es wurde nun der Eikammerbezirk mit der anschließenden Uteruswand bis in die Muskulatur herein als Block herausgeschnitten, in Paraffin eingebettet und genau quer zur Längsachse des Embryo in eine lückenlose 10 μ Serie zerlegt. Bei der weiteren Verarbeitung wurden dann in der üblichen Weise nach der Serie graphische und plastische Rekonstruktionen ausgeführt, um über den Embryo im ganzen und den Ausbildungsgrad der Organanlagen ein klares Bild zu bekommen.

Ich möchte nun kurz über einige Besonderheiten berichten. Der Embryo steht seiner allgemeinen Entwicklung nach nahe einigen Embryonen aus der dritten und vierten Woche der Gravidität. Sein Alter ist zu taxieren auf 22 bis 24 Tage nach den Daten der Menstruation (die Operation wurde ausgeführt am 40. Tage nach Beginn der letzten Menstruation). Es sind die wichtigsten Organe des Embryonalkörpers angelegt. Wir finden ein Zentralnervensystem, welches im mittleren Teil des Embryo zum Rückenmark geschlossen ist, nach dem Kopfende zu übergeht in die dorsal noch völlig offene Hirnanlage, an welcher aber die primitive Gliederung in Vorder-, Mittel- und Hinterhirn schon erkannt werden kann. Auch nach caudal zu öffnet sich die Rückenmarksanlage und bildet hier eine zunächst tiefe, dann allmählich sich abflachende und langsam verstreichende Medullarrinne. Anlagen von Sinnesorganen sind nicht zu erkennen, vielleicht ist die erste Andeutung einer Augengrube auf der rechten Seite vorhanden. Vom peripheren Nervensystem sind Ganglienanlagen beiderseits am Hinterhirn nachweisbar. Im Dach des Rückenmarks sind die allerersten Anfänge von Spinalganglienbildung erkennbar. Die Wand des Zentralnervensystems besteht noch aus einem Zellsyncytium ohne weitere Differenzierung. Unter dem Nervensystem finden wir den Darm, wel-

cher am Kopfende ventral abgeschlossen ist als Vorderdarm, im Schwanzende als Hinterdarm, während er im ganzen dazwischen liegenden Teil mit dem Dottersack in breitester Verbindung steht. Das verjüngte Ende des Vorderdarmes legt sich direkt caudal des vorderen Hirnendes für eine sehr kurze Strecke an die Epidermis heran. Hier ist eine Rachenmembran in Bildung begriffen. Am Vorderdarm ist die erste entodermale Kiementasche angelegt, die zweite eben erkennbar; Kiemenfurchen bestehen noch nicht. Am Hinterdarmende besteht auf eine etwas längere Strecke eine Verbindung der ventralen Darmwand mit der Epidermis zur Bildung der Kloakenplatte. Cranial der Kloakenplatte finden wir eine schlauchförmige Ausstülpung der ventralen Darmwand in die Gewebsmasse des Bauchstieles, die entodermale Allantois. Die Chorda dorsalis ist vollkommen in die dorsale Darmwand eingeschaltet, nur ihr caudalstes Ende liegt dorsal der Darmwand und läuft hier gegen die Medullaranlage aus. Das Gefäßsystem ist schon relativ weit differenziert. Wir haben einen s-förmig gekrümmten Herzschlauch mit abgehenden Aortenwurzeln, paarige Aorten, Abgang großer Umbilicalarterien in den Bauchstiel. In das venöse Ende des Herzschlauches mündet jederseits der Truncus vitelloumbilicalis, aus der Vereinigung der Vena umbilicalis und Venae vitellinae entstanden. Im Bauchstiel ist ein weitmaschiges Gefäßnetz entwickelt zwischen Nabelarterien und Nabelvenen mit Ausbreitung durch Capillaren in dem nächst benachbarten Bezirk des Chorion und seiner Zotten. Wir haben also ein Gefäßsystem einfachster Form vor uns. Die Verfolgung der Blutgefäße stößt aber auf erhebliche Schwierigkeiten, weil die rechte Nabelarterie bei ihrem Abgang aus der Aorta eingerissen ist, sodaß das Blut zum Teil in den Dottersack abgeflossen ist. Es ist mir auch bisher noch fraglich geblieben, ob überhaupt schon ein geschlossener Kreislauf ausgebildet ist, oder ob nicht vielmehr in diesem Stadium das Blut durch die Herzkontraktionen nur hin und her bewegt wird. Ich finde die rechte Vena umbilicalis noch sicher ohne Verbindung zum Gefäßnetz des Bauchstieles, während die linke Nabelvene vielleicht eine Verbindung besitzt. Es sollen diese Verhältnisse später in der geplanten ausführlichen Bearbeitung eingehend erörtert werden. Den Raum zwischen äußerer Haut und Darmwand beiderseits des Nervensystems nimmt das mittlere Keimblatt ein, welches im allgemeinen noch sehr einfache Verhältnisse aufweist. Auf das mittlere Keimblatt soll gleich nachher noch ausführlicher eingegangen werden, sodaß hier der kurze Hinweis genüge. Wir haben also im Ganzen betrachtet ein sehr einfaches Frühstadium eines menschlichen Embryo vor uns.

Was nun einige Besonderheiten anbelangt, so ist zunächst die Körperform im ganzen zu erwähnen. Wir finden eine außerordent-

lich auffallende Asymmetrie des Kopfendes [1]. Die linke Hälfte der Hirnanlage überragt die rechte um 13 Schnitte, also um 0,013 mm. Die rechte Hirnhälfte ist dafür etwas dicker. Auf den ersten Blick würde man geneigt sein hier eine Abnormität oder ein Kunstprodukt zu wittern. Gegen die Vermutung, daß ein Kunstprodukt vorliegt, spricht die Art der Gewinnung des Objektes; auch ist bei genauer Durchsicht der Serie nichts zu finden, was auf eine künstliche Deformierung hinweist. Schwieriger ist die Frage zu beurteilen, ob eine Abnormität vorliegt. Bei der außerordentlichen Seltenheit gut fixierter junger Embryonen muß man sich hüten, einen etwas auffallenden Befund einfach als Abnormität abzutun. Es war uns nun sehr auffallend bei Durchsicht der Litteratur Abbildungen menschlicher Embryonen aus dieser Zeit der Entwicklung zu finden, welche ebenfalls ein ausgesprochen asymmetrisches Hirnende zeigten, ohne daß in den Beschreibungen hierauf besonders hingewiesen wurde. So ist das vordere Hirnende des bekannten Embryo Krömer-Pfannenstiel [2], welcher nur wenig jünger ist als unser Objekt, ausgesprochen asymmetrisch im gleichen Sinne wie bei unserem Embryo. Ebenso ist der von Dandy [3] beschriebene Embryo *Nr. 391* der Mall'schen Sammlung asymmetrisch, nur daß hier die rechte Hirnhälfte schmäler und länger ist als die linke. Andere Embryone etwas jüngeren und älteren Entwicklungsgrades zeigen auch angedeutet Asymmetrien des Hirnendes. Doch sind die Bilder uns nicht einwandfrei genug um darauf weitgehende Schlüsse aufzubauen, zumal die Autoren auf solche Asymmetrien bisher nicht geachtet haben. Einen Affenembryo (Semnopithecus maurus 1,3 mm), mit asymmetrischem Hirnende bildet Keibel ab [4]. Wichtig ist uns, daß wir auf Grund des wenigen bisher Bekannten die starke Asymmetrie unseres Präparates nicht unbedingt für abnorm halten müssen. Die Frage erhebt sich, kommt dieser Asymmetrie eine besondere Bedeutung zu. Eins ist sicher, daß rein formal die Asymmetrie sich in den nächsten Stunden und Tagen mehr oder weniger völlig ausgleichen muß. Denn

---

1) Die Abbildung eines Modelles des Embryonalkörpers im Ganzen findet sich in: Veit. O., Kopfganglienleisten bei einem menschlichen Embryo von 8 Somitenpaaren. Anatomische Hefte, Band 56, 1918.

2) Grosser, O., Zur Entwicklung des Vorderdarmes menschlicher Embryonen bis 5 mm größter Länge. Sitzungsber. Kaiserl. Akademie der Wissensch. in Wien, mathem.-naturwiss. Klasse. Band 120, Abt. III, 1911, Tafel 1, Fig. 3.

3) Dandy, W. E., A human embryo with seven pairs of somites. Americ. journal of anatomy, X. 1910.

4) Keibel, Fr., Die äußere Körperform und der Entwicklungsgrad dər Organe bei Affenembryonen. Menschenaffen, herausg. von E. Selenka, 9. Lieferung, Wiesbaden 1906.

die relativ große Anzahl von Embryonen aus der fünften und sechsten Woche der Gravidität zeigen keine in die Augen fallende Asymmetrie. Doch dürfen wir vielleicht dieser Asymmetrie trotzdem eine gewisse Bedeutung beilegen. Sieht man unser Präparat allein an, so muß es jedem Anatomen auffallen, daß es die linke Hirnhälfte ist, welche die rechte überragt. Unwillkürlich denkt man dabei an die spezifisch menschliche Eigenschaft der Rechtshändigkeit. Wir wissen, worauf Gaupp[1]) besonders in einem ausführlichen kritischen Aufsatz aus dem Jahre 1909 hingewiesen hat, daß als einzig mögliche Erklärung der Rechtshändigkeit des Menschen eine cerebrale Ursache angenommen werden muß. Es wäre natürlich vermessen auf Grund dieses einen Präparates eine Theorie der Genese der Rechtshändigkeit aufstellen zu wollen; wir wollen nur auf diesen Punkt hinweisen, damit in Zukunft etwas genauer auf Asymmetrien am Kopfende menschlicher Embryonen geachtet wird.

Auffallend ist auch, daß unser Embryo mit seiner linken Seite dem Chorion der Decidua basalis anliegt. Da bis zu dem vorliegenden Entwicklungsstadium bei dem Fehlen eines fertig ausgebildeten Chorionkreislaufes die Ernährung des Embryo nur auf dem Wege der Osmose und Diffusion erfolgen kann, wäre man geneigt hierin eine Erklärung zu suchen, warum grade in diesem Stadium das stark wachsende Gehirn in seiner linken Hälfte im Größenwachstum voraneilt, während in den nächsten Stunden und Tagen mit Ausbildung eines ergiebigen Chorionkreislaufes diese Bevorzugung der linken Hirnhälfte fortfällt. Es ist hier darauf hinzuweisen, daß bei dem erwähnten Embryo Nr. 391 von Mall, soweit aus den Abbildungen zu ersehen ist, der Bauchstiel nach rechts rückwärts abgeht, sodaß wohl der Embryo mit seiner rechten Seite der Plazentarstelle anlag. Bei dem Embryo Krömer-Pfannenstiel geht der Bauchstiel, den Abbildungen nach, direkt nach rückwärts ab, sodaß hier nicht klar zu ersehen ist, mit welcher Seite der Embryo der Uteruswand zugekehrt war. Bei dem Mangel ausreichenden Vergleichsmaterials müssen wir uns mit diesem Hinweis begnügen und es zukünftigen Untersuchungen überlassen zu entscheiden, ob die Asymmetrie des Hirnendes in funktioneller und mechanischer Hinsicht in der Richtung zu deuten ist, die wir hier andeuteten.

Ein weiterer Befund der Körperform ist noch besonderer Erwähnung wert. Unser Embryo besitzt eine ausgesprochene Rückenbeuge. Auf Grund älterer Befunde von menschlichen Embryonen, wie sie namentlich in den bekannten Arbeiten von His, v. Spee,

---

1) Gaupp, E., Ueber die Rechtshändigkeit des Menschen. Jena 1909.

Kollmann, Eternod, niedergelegt sind, galt lange Zeit eine Rückensenke im ersten Graviditätsmonate für eine spezifisch menschliche Erscheinung. In erster Linie Keibel hat stets und immer wieder darauf hingewiesen, daß dieser His'sche Rückenknick ein Kunstprodukt sei infolge mangelhafter Fixierung oder Fixierung schon abgestorbener erweichter Früchte. Es liegt auch die His'sche Rückensenke stets an der dünnsten widerstandsunfähigsten Stelle des Embryonalkörpers in Höhe des 8.—10. Somiten. Grade hier kann der Embryo leicht deformiert werden durch den Zug von Dottersack und Bauchstiel. Wenn auch Keibel in seiner letzten Mitteilung aus dem Jahre 1906 [1]) auf Grund von Befunden an Affenembryonen aus dem Nachlaß von Selenka sich etwas zurückhaltender ausgedrückt hat, so glauben wir doch daran festhalten zu müssen, daß der His'sche Rückenknick ein Kunstprodukt ist. Ganz anders ist u. E. die Rückenbeuge unseres Präparates zu beurteilen. Sie liegt einmal weiter cranial als der His'sche Rückenknick, dann handelt es sich hier überhaupt nicht um einen Rückenknick, sondern um eine dorsal gerichtete Aufbiegung des Hirnendes, beruhend auf dem relativ mächtigen Höhendurchmesser der Hirnanlage, welche den Herzwulst erst eben cranial zu überragen beginnt. Diese Rückenbeuge wird sich sehr rasch ausgleichen, sobald das Hirn stärker in die Länge wächst und sich dabei um Vorderdarm und Herz herumschiebt. Auf dem relativ erheblichen Längenwachtum des Zentralnervensystems beruht bekanntlich überhaupt die starke Zusammenkrümmung des ganzen Embryonalkörpers in der 4.—8. Embryonalwoche. Wir möchten also die Rückenbeuge derart, wie sie unser Präparat zeigt, für eine rasch vorübergehende Entwicklungserscheinung halten, jedenfalls sie nicht verglichen wissen mit dem His'schen Rückenknick, den wir unbedingt für ein Kunstprodukt halten.

Ich möchte nun noch über einen weiteren Spezialbefund berichten, der vergleichend-embryologisch von Interesse ist. Es handelt sich um einen Befund am mittleren Keimblatt, dem Mesoderm. Das mittlere Keimblatt bildet im allgemeinen noch eine einheitlich geschlossene Gewebsmasse beiderseits des Zentralnervensystemes zwischen Darmwand und äußerer Körperdecke. Wohl finden wir schon stellenweise Auflockerungserscheinungen im Mesoderm als Vorboten der demnächst erfolgenden Mesenchymbildung. Wohl finden wir schon ganz vereinzelt einzelne Zellen als Mesenchymzellen gelöst aus dem Verbande des mittleren Keimblattes. Im allgemeinen ergibt aber das Mesoderm ein primitives Bild geschlossener Zellmassen. Im Rumpf- und Schwanz-Gebiet gliedert sich das Meso-

1) L. c.

derm in typischer Weise in Stammplatte und Seitenplatte. Im mittleren Teil der Embryonalanlage zerfällt die Stammplatte durch quere Spalten in kleine Würfel, die Somite, welche durch recht unregelmäßig gestaltete Somitenstiele mit den nicht gegliederten Seitenplatten verbunden sind. Wir finden so jederseits 8 Somite ausgebildet, ein neunter kaudaler in Abgliederung begriffen. In den Seitenplatten ist der Coelomspalt aufgetreten, welcher schon breit mit dem Exocoelom in Verbindung steht. Es ist dieses bisher beschriebene Bild so, wie wir es nach unseren bisherigen Kenntnissen erwarten müssen. Es ergab sich nun ein etwas auffallender Befund für das Mesoderm kranial des ersten Somiten. Durchweg wird in der Literatur angegeben, daß vor dem ersten Somiten zwar die Seitenplatte mit ihrem Coelomspalt sich in das Vorderende hin fortsetzt, daß im Gebiet der Herzanlage die Seitenplatten ventral des Darmes sich bis zur Berührung nähern und die Coelomspalten jeder Seite ventral des Vorderdarmes zusammenfließen zur Bildung der Pericardialhöhle, daß aber der den Stammplatten entsprechende Teil des Mesodermes nicht als solcher sich findet, sondern statt dessen nur lockeres Mesenchymgewebe. Was die Seitenplatten und die Pericardialhöhle anbelangt, so verhält sich unser Embryo so, wie es allgemein angegeben wird. Dagegen zeigen die Stammplatten ein sehr typisches und in vergleichender Hinsicht wichtiges primitives Verhalten. Cranial des ersten Somiten finden wir eine Stammplatte, welche sich in direktem Anschluß an den ersten Somiten bis in das vorderste Ende des Embryonalkörpers fortsetzt, Kopfplatte, und durch eine verdünnte Stielzone mit der dorsomedialen Kante der Seitenplatte verbindet. Je weiter wir gegen das Vorderende hinkommen, desto höher ist nur die Stielzone in dorsoventraler Richtung entwickelt, um um den Rand des breiten und hohen Kopfdarmes herum die Verbindung zwischen Stammplatte und Seitenplatte herzustellen. Die Stielzone besteht aber aus einer geschlossenen Zellplatte, welche vollkommen verglichen werden muß mit den gegliederten Somitenstielen der Körpermitte. Die Stammplatte selbst besteht aus Zellmassen, die eine geschlossene Einheit bilden, nur, je weiter wir nach dem Kopfende zu kommen, sich umso mehr auflockern als Vorstufe der Bildung von Mesenchym. Somitengrenzen sind in der Stammplatte direkt anschließend vor dem 1. Somiten andeutungsweise zu erkennen, sodaß selbst ein rudimentärer Somit vor dem ersten wohlgebildeten Somiten sich unvollkommen abgrenzen läßt. Doch sind die Andeutungen der Somitengrenzen immerhin sehr vage. Dieser Befund einer Stammplatte des Mesodermes und eines rudimentären Somiten im Kopfteil des Embryo scheint mir von erheblichem Interesse zu sein. Froriep hat in jahrlangen Untersuchungen sich mit der Frage der Entwick-

lung des Kopfes der Wirbeltiere beschäftigt und in zahlreichen Einzelarbeiten in den 80er und 90er Jahren wichtige Beobachtungen niedergelegt über Teilerscheinungen bei der Kopfentwicklung der Wirbeltiere. In einer kurzen inhaltreichen Arbeit aus dem Jahre 1902 [1]) hat er Befunde mitgeteilt, welche mir entscheidend zu sein scheinen für unsere Auffassung der Entstehung des Wirbeltierkopfes. Es handelt sich um Befunde, die sich ergaben beim Studium der Entwicklung eines Rochens, Torpedo ocellata. Diese Befunde sind m. E. von eminenter Bedeutung, aber durchaus nicht ihrer Bedeutung entsprechend in der späteren Literatur gewürdigt. Ich selbst habe schon mehrfach in deutlicher Weise mich als Anhänger der Froriep'schen Auffassung bekannt und bin, wie ich gern zugebe, in dieser Hinsicht schon erheblich vorbelastet [2]). Ich glaube aber doch, daß eine Nachprüfung den Befund, wie ich ihn bei unserem Präparat geschildert habe, für richtig erweisen wird. Der Befund ist m. E. nur in folgender Weise zu deuten. Genau wie bei Torpedo erstreckt sich selbst noch beim Menschen das Mesoderm gegliedert in Stammplatte und Seitenplatte durch den ganzen Embryonalkörper bis an das vorderste Ende. Es kommt aber im Gegensatz zu dem Bilde bei Torpedo beim Menschen und das gilt, soweit ich ein Urteil habe, für die Embryonen aller höheren Wirbeltiere durchweg [3]), nicht mehr zu einer Zerlegung der Stammplatte im Bereich des Kopfgebietes, zur Abgliederung von Somiten, sondern ehe die Somitengliederung sich bis hierher erstreckt hat, löst sich die Stammplatte in Mesenchym auf. Was also bei Torpedo der Somitenbildung im Cranialende des Embryonalkörpers folgt, setzt bei den höheren Wirbeltieren so frühzeitig ein, daß überhaupt eine Somitenbildung nicht mehr stattfinden kann. Im Prinzip erstreckt sich aber die Stammplatte selbst noch beim Menschen bis in das vorderste Ende des embryonalen Körpers. Es scheint mir dieser Befund eine sehr wesentliche Stütze der wichtigen Froriep'schen Theorie über die Entstehung des Wirbeltierkopfes zu sein.

Noch ein weiterer Befund über die Herkunft des Mesenchymes des Kopfgebietes ist von Interesse. Nicht nur von der Stammplatte

---

1) Froriep, A., Zur Entwicklungsgeschichfe des Wirbeltierkopfes. Verhandl. d. anatom. Gesellsch., 1902.

2) Veit, O., Zur Theorie des Wirbeltierkopfes, Anatom. Anz., Bd. 49, 1916.

3) In den älteren und einigen neueren Lehrbüchern der Entwicklungsgeschichte wird die Bildung einer Kopfplatte des Mesodermes vor dem 1. Somiten durchweg beschrieben und abgebildet, über die Bedeutung nichts weiter gesagt. Dandy beschreibt l. c. bei dem Embryo Nr. 391 der Mall'schen Sammlung einen rudimentären Somiten cranial des 1. gut ausgebildeten Somiten, bildet selbst cranial davon noch die mesodermale Kopfplatte ab, ohne die Bedeutung dieses Befundes zu würdigen.

aus entsteht Mesenchym, sondern es beteiligt sich an der Bildung des Kopfmesenchymes in erheblichem Maße auch die Epidermis und die Ganglienleiste des Vorderkopfes. Ich habe früher [1]) die Vorderkopfganglienleiste, wie sie unser Embryo zeigt, genauer beschrieben und nachgewiesen, daß ihr Zellmaterial sich in Mesenchym auflöst unter Mischung mit dem Mesenchym mesodermaler Herkunft. Aber auch die Epidermis läßt von ihrer Unterseite Zellmaterial sich abspalten, welches dem mesodermalen Mesenchym sich beimischt und dann naturgemäß nicht weiter verfolgt werden kann, da wir Mesenchymzellen ihren Ursprungsort nicht mehr ansehen können. Wir finden Bildung von Mesenchymzellen aus der Epidermis in Form von einzeln sich ablösenden Zellen über den ganzen Embryonalkörper hin, in besonders charakteristischer und reichlicher Weise aber wiederum im Kopfgebiet und zwar in der Epidermis der Seitenflächen des Kopfendes vom Vorderende bis etwa in die Höhe der Kiemenregion. Wir bekommen also für die Bildung des Kopfmesenchymes drei Quellen: die Hauptmasse leitet sich her von der mesodermalen Stammplatte, ein erheblicher Zuschuß erfolgt durch die Auflösung der vorderen Kopfganglienleiste von der Hirnwand her und ein weiterer Zuschuß von der Epidermis.

Dieser letztere Befund erscheint mir nicht nur für den speziellen Fall im Kopfgebiet von Interesse, sondern auch noch von allgemeiner entwicklungsgeschichtlicher Bedeutung zu sein. Wir finden durchweg bei der Vermehrung der Zellen in den Epithelien während der Entwicklung, daß Zellen an den Begrenzungsflächen der Epithelien aus dem Epithelverbande ausgestoßen werden können. Erfolgt ein solches Ausstoßen von Zellen an der freien Oberfläche nach außen oder in das Innere der Hohlräume, welche von den Epithelien umschlossen sind, so gehen solche Zellen zugrunde [2]) [3]). Man findet so freie Zellen, welche dem Untergange geweiht sind, im Innern des Rückenmarkes, im Innern des Darmrohres. Erfolgt die Ausstoßung von Zellen an der Basalfläche von Epithelien, so mischen sich diese Zellen unter die übrigen Mesenchymzellen, und wir sind nicht imstande, ihr Schicksal weiter zu verfolgen. Erfolgt die Ausstoßung solcher Zellen an bestimmten Stellen in größerem Maßstabe, so dürfen wir wohl annehmen, daß diese Zellen auch als Zellen weiterhin verwandt werden und nicht einfach zugrunde gehen. Eine solche Ausstoßung von Zellen aus dem Epithelverbande

---

1) l. c. 1918.

2) Vogt, W., Ueber rückschreitende Veränderungen von Kernen und Zellen junger Entwicklungsstadien von Triton cristatus. Diese Berichte, 1909.

3) Blume, W., Ueber freie Zellen in den Hohlräumen von Selachierembryonen. Dissertation München 1913.

erfolgt aber in nennenswerter Menge nur solange, wie noch keine Grenzmembranen (Basalmembranen, Limitans usw.) ausgebildet sind.

Neben den Befunden, welche wie die Asymmetrie des Kopfendes und die Rumpfsenke von Interesse sind für die spezielle Entwicklungsgeschichte des Menschen, ergab also das Studium unseres Präparates auch Befunde, welche in vergleichender Hinsicht und in allgemein entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht von Interesse sind.

Tafelerklärung.

Fig. 1. Innenansicht der Uterushälfte mit eröffneter Chorionhöhle. Der abgehobene Deckel (Decidua capsularis und Chorion) ist nach links oben umgelegt. In der Chorionhöhle liegt der Embryo links abwärts am Dottersack, das Kopfende nach links oben gerichtet. Nach Photographie bei ca. $1^1/_2$ facher Vergrößerung.

Fig. 2. Ansicht der eröffneten Chorionhöhle bei ca. 4 facher Vergrößerung, nach Photographie. Man erkennt deutlich die Aufbiegung des Hirnendes (links oben am Embryonalkörper) über dem Herzwulst (rechts des Hirnendes) und die dadurch bedingte Einbiegung der Rückenlinie.

Fig. 3. Graphische Rekonstruktion des Medianschnittes des Embryonalkörpers. In den Medianschnitt sind eingezeichnet die Projektionsfelder des Dottersackes, des Bauchstieles, der Kopfganglienleisten, des aus der Mediane abweichenden Schwanzendes. Im Deckblatt ist das Mesoderm der linken Seite angegeben in Projektion auf die Medianebene. Die Rekonstruktion wurde ausgeführt bei 200 facher Vergrößerung; die Abbildung ist auf $^1/_4$ verkleinert, gibt also die Verhältnisse bei 50 facher Vergrößerung wieder.

Farben: blau Ektoderm
gelb Entoderm
rot Mesoderm
orange Chorda
violett Primitivstreifengebiet und Schwanzknospe.

Farben des Deckblattes: rot Mesoderm; die Abschnitte, bei welchen die Auflösung in Mesenchym beginnt, sind durch Punktierung hervorgehoben.
hellblau Coelomräume.

All = Allantois
Amn = Amnion
Bst = Bauchstiel
CaKgl = caudale Kopfganglienleiste
Cgr = Grenze zwischen Exocoelom und Embryocoelom
CrKgl = craniale Kopfganglienleiste
Ds = Dottersack
H = Herzwulst
Klm = Kloakenmembran
Kpl = Kopfplatte des Mesoderms
Ph = Pericardialhöhle
Rm = Rachenmembran
S I = erster Somit
S VIII = achter Somit
Spgl = Spinalganglienleiste
Stz = Stielzone der Kopfplatte des Mesoderms
Vm = Gebiet der Verschlußmembran der ersten Schlundtasche.

Manuskript eingegangen am 21. XII. 20.



Fig. 1.



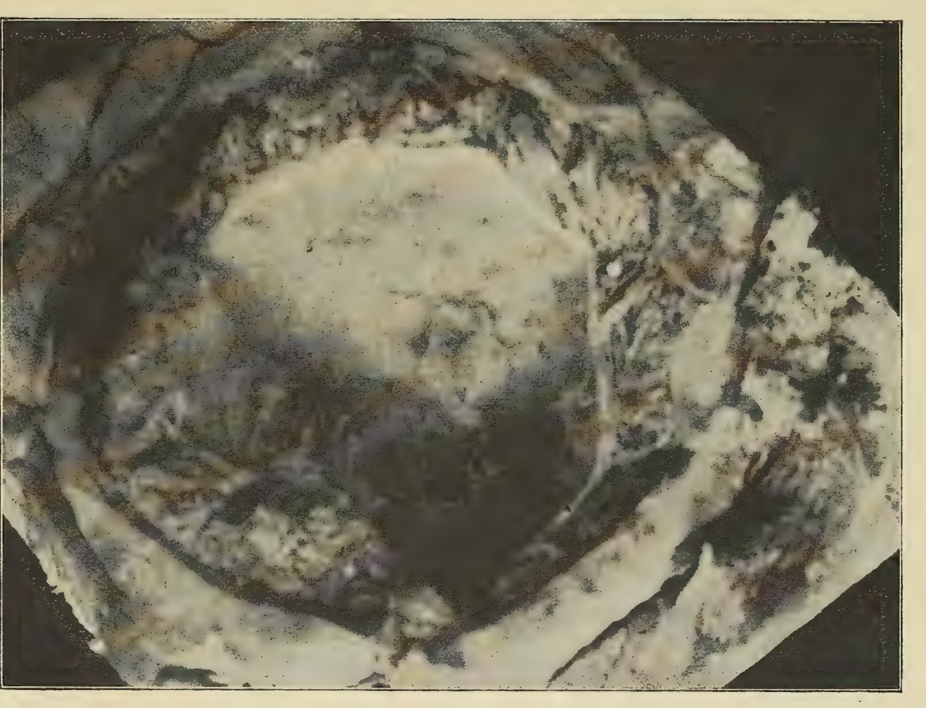
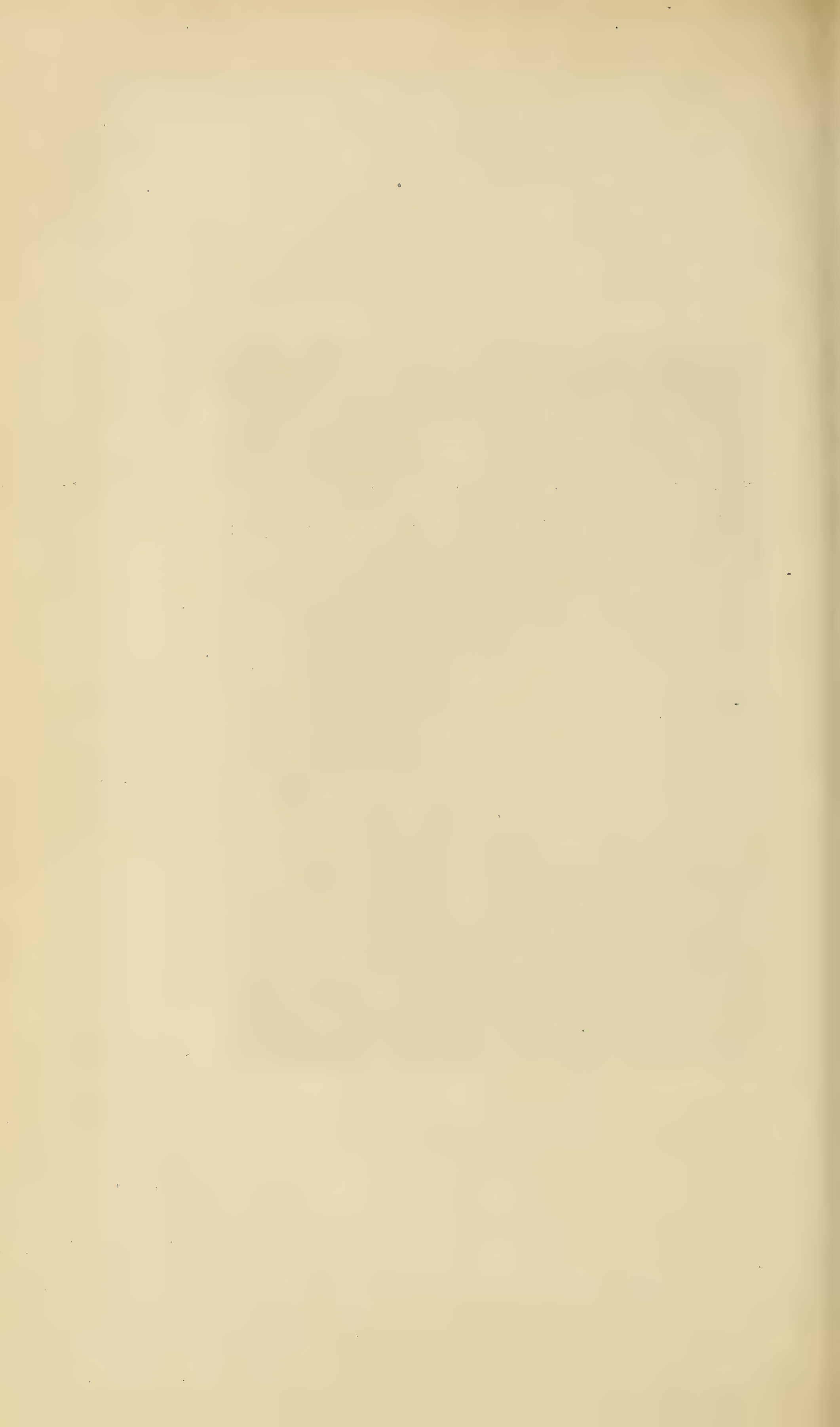
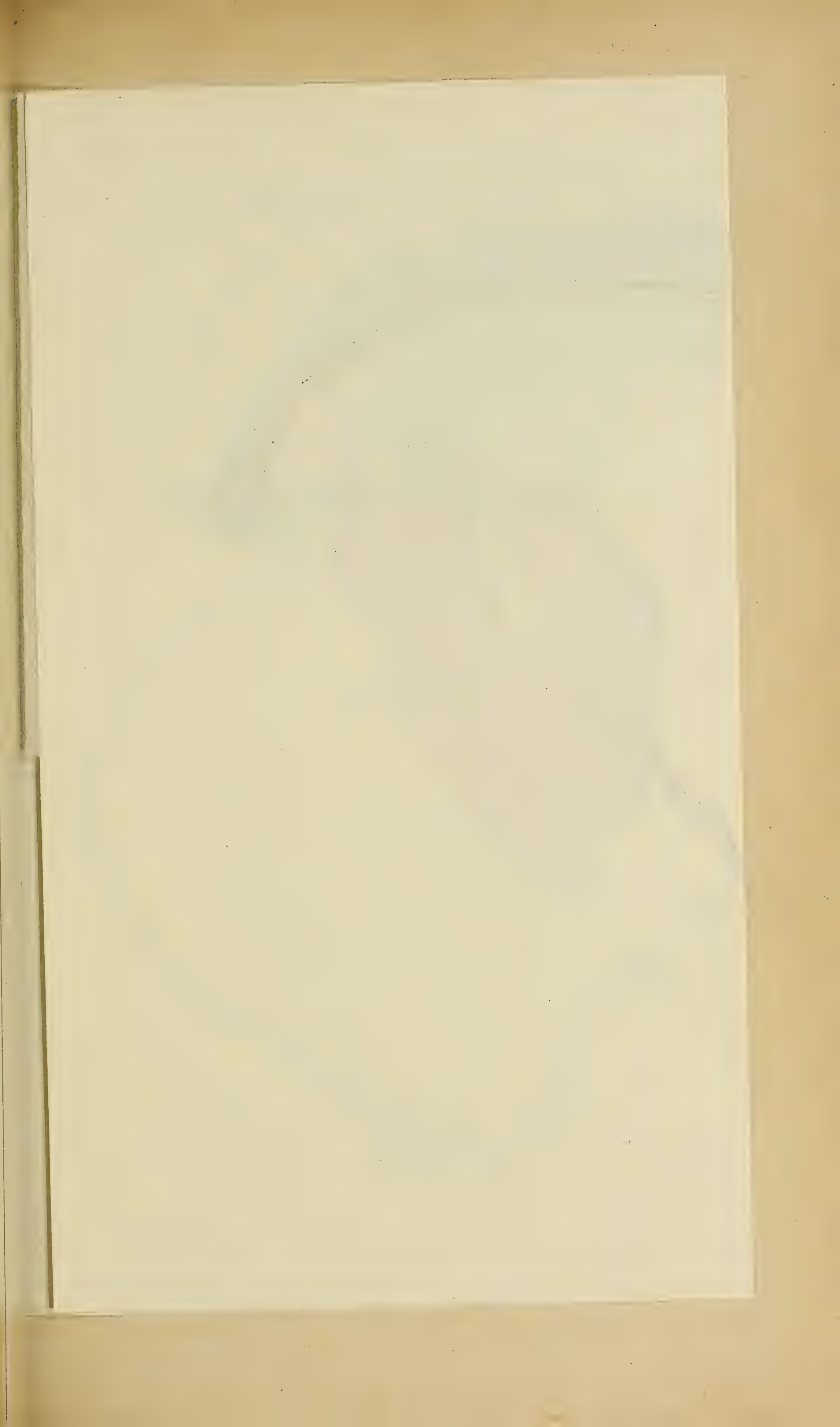


Fig. 2.





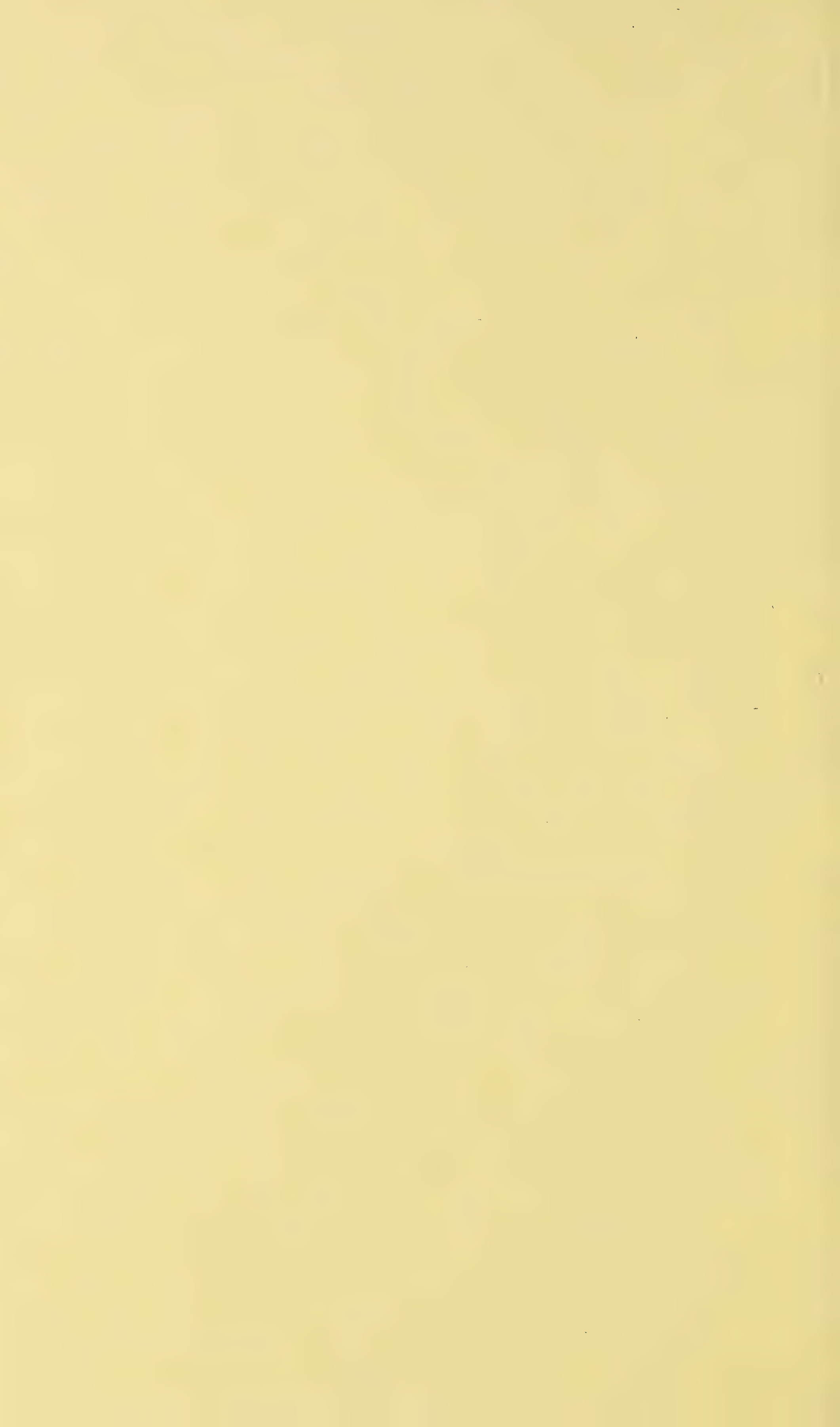




Fig. 3





Kpl
Stz
SI
SVIII
Vm
Ph
Cgr

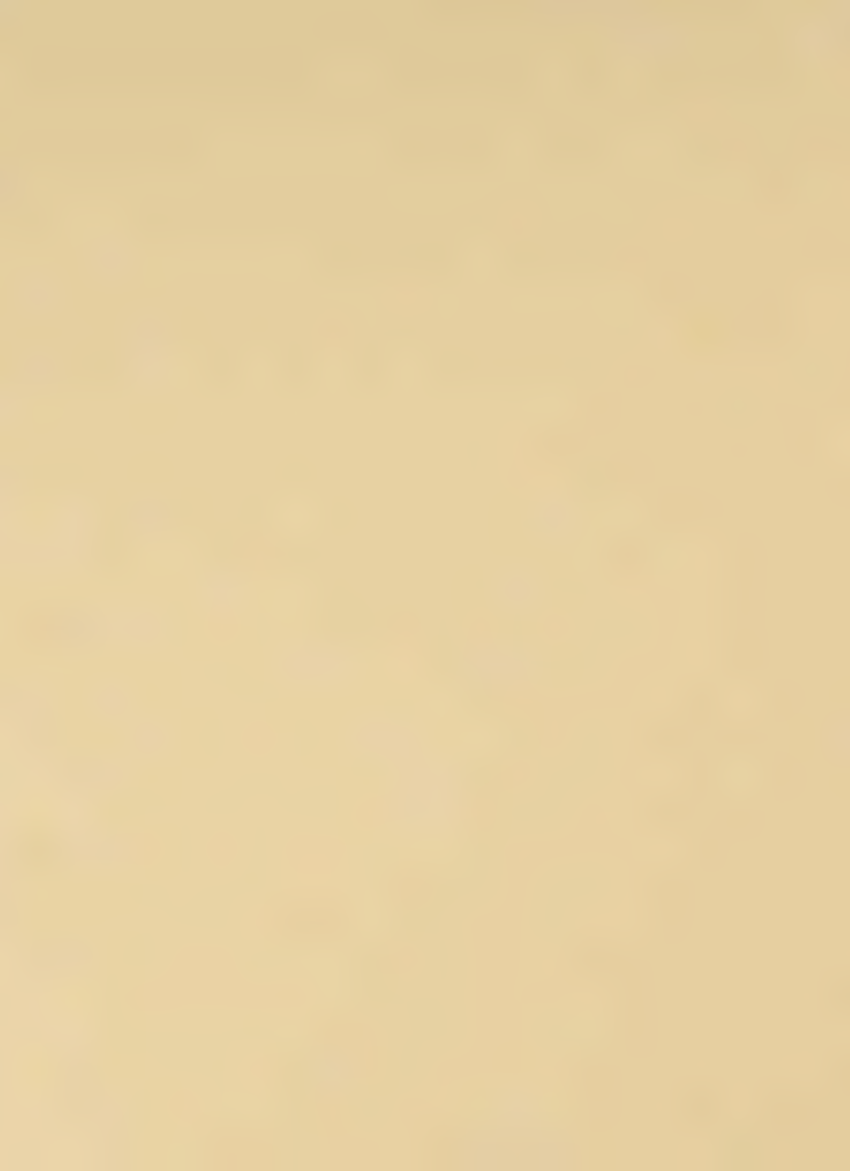




Fig. 3



Nr. 7 DEZEMBER 1920

Aus dem Anatomischen Institut Marburg a. L.

A. Benninghoff,

Zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Amphibienherzens und zur Phylogenie des Reizleitungssystems.

Vorläufige Mitteilung.

Die zahlreichen Angaben zur Anatomie des Froschherzens werden häufig für das Amphibienherz schlechthin verallgemeinert. Dagegen ist das Herz der Urodelen wenig bekannt, es bietet aber mit seinen primitiveren Verhältnissen eine günstigere Anknüpfung für eine vergleichende Betrachtung. Ueber die vergleichende Anatomie des Amphibienherzens bestehen nur summarische Angaben mit Ausnahme des Bulbus cordis, der mit seinen interessanten Einrichtungen auf das Genaueste untersucht ist. Nach einer zusammenfassenden Darstellung der Anatomie des Froschherzens durch Gaupp[1]) wurden die Untersuchungen über diesen Gegenstand in eine spezielle Richtung gedrängt durch die Entdeckung des Atrioventrikularbündels im Säugerherzen durch His jun.[2]) 1893. Diese Entdeckung rief eine große Zahl von Untersuchungen hervor, die sich dann auch auf die niederen Wirbeltierklassen erstreckten, und im besonderen den Uebergangszonen der einzelnen Herzabschnitte gewidmet waren. His selbst beschreibt im Froschherzen den sog. Atrioventrikulartrichter, eine trichterförmige Muskelverbindung zwischen Vorhof und Kammer, und deutet dessen Entstehen so, daß der Vorhof während der Entwicklung sich in die Kammer einstülpe. Bräunig[3]) gab an, daß der eingestülpte Vorhof nachträglich mit der Muskulatur der Kammer verwachse. Diese Auffassung, für die keine Belege angeführt sind, ist von vornherein unwahrscheinlich und, wie gezeigt werden soll, auch unzutreffend. Mit dem Worte Atrioventrikulartrichter hatte His nur jener Muskelverbindung einen Namen gegeben, die schon von Gaskell 1883 im Schildkröten- und Froschherzen beschrieben worden war.

1) Gaupp, Anatomie des Frosches, Bd. II. Braunschweig 1896—99

2) Hiss jun. Die Tätigkeit des embryonalen Herzens und seine Bedeutung für die Lehre der Herzbewegung beim Erwachsenen. Arbeiten aus der Med. Klinik Leipzig. 1893.

3) Bräunig, Ueber muskulöse Verbindungen zwischen Vorkammer und Kammer bei verschiedenen Wirbeltieren. Arch. f. Anatomie u. Physiol. Suppl. 1904.

Von den neueren Untersuchungen, die sich mit diesem Herzabschnitt befassen, sei nur erwähnt, daß sie kein einheitliches Resultat aufweisen.

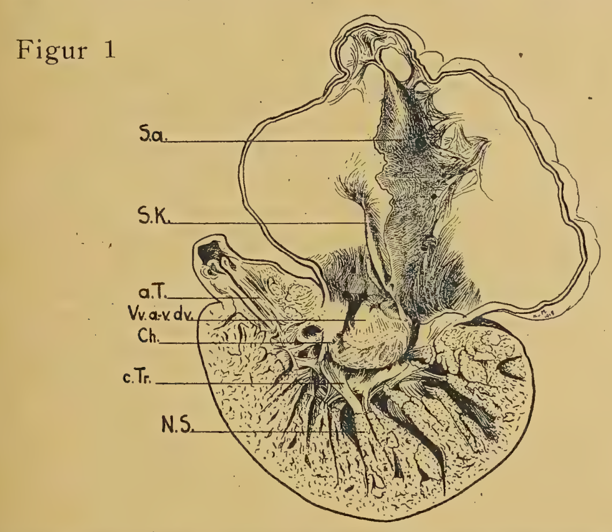
Den folgenden Untersuchungen ist eine morphologische Betrachtungsweise zugrunde gelegt, bei ihr spielen zwar funktionelle Momente eine Rolle, es konnte aber dabei zunächst gleichgültig sein, ob bestimmte Muskelsysteme der Reizleitung dienen oder nicht. Somit steht sie abseits vom Streit zwischen neurogener und myogener Theorie des Herzschlags.

Wenn wir bei der Betrachtung des Herzens der geschwänzten Amphibien von dem Ostium a-v. ausgehen, so zeigt sich, daß dieses als ein verhältnismäßig kleines Oval in die Mitte der Kammerbasis eingesenkt ist, und von den Ostium arteriosum durch eine Kammerwandstrecke getrennt bleibt. Es fällt auf, daß dieses Oval schief steht, derart, daß sein längster Durchmesser von links ventral nach rechts dorsal zieht und damit von dem Breitendurchmesser der Kammer abweicht. Zudem verläuft das Vorhofsseptum als windschiefe Wand von rechts ventral nach links dorsal also senkrecht zum Ostium. Diese Befunde, die bei den Salamandrinen am ausgeprägtesten sind, lassen sich aus der eigentümlichen Lagerung der einzelnen Herzabteilungen erklären, die in Folgendem bestehen. Der Bulbus cordis liegt in situ rechts, die Kammer ist ebenfalls etwas nach rechts gekehrt, von den Vorhöfen liegt der linke nach ventral zu und der schrägen Kammerbasis folgend nach caudal herabhängend, an diesem caudalen Pol der Vorhöfe wird der Sinus in Diastole sichtbar. Man erkennt in dieser Anordnung noch deutlich die S-Form des primitiven Herzschlauches, insbesondere haben die beiden Endstücke ihre ursprüngliche Lage beibehalten. Diese letzteren erfahren in der aufsteigenden Tierreihe einmal eine Drehung an die Medianebene heran, und ferner drängen sie sich gegen den angrenzenden Herzabschnitt ein. So sehen wir bereits bei den Anuren den Sinus venosus nach rechts und cranial wandern, während der Bulbus erst bei den Reptilien allmählich sich nach links ventral schiebt und in die Kammer aufgenommen wird. Es zeigen somit die Urodelen auch in der äußeren Form des Herzens ein primitives Verhalten. Der weite Vorhofsack muß sich zur Bildung des engen Ostium a.-v. in seinem basalen Teil trichterförmig verjüngen (vergl. Fig. 1), er schlägt sich dann in Form einer Falte in die Außenwand der Kammer um. Der Scheitel dieser Falte liegt unter dem Niveau der Herzbasis, er bildet zugleich den Grund der sog. Sulcus a.-v., dessen pericardiales Bindegewebe bis zu dieser Stelle vordringt, ohne den muskulösen Zusammenhang zu trennen. Ventral und dorsal verbindet sich diese Umschlagfalte mit Muskelbalken der Kammer, die ich in der Folge als centrale Kammer-

trabekel bezeichnen möchte. Der Verlauf der Muskelfasern in dem bisher geschilderten Teil gestaltet sich folgendermaßen: Die inneren Züge des Vorhofes ziehen im wesentlichen radiär auf das Ostium a.-v. zu. Hier biegen sie zu einem locker gefügten Ringfasersystem um, dem sog. Annulus a.-v., von letzterem zweigen sich Bündel ab, die longitudinal verlaufend in die centralen Kammertrabekel übergehen. Der Annulus a.-v. zuerst von Gaskell[1]) bei der Schildkröte beschrieben, entspricht genau der Anheftungslinie der A.-V.-Klappen, und findet sich in gleicher Weise bei den Fischen, Amphibien und Reptilien. Er weist stets die charakteristischen Beziehungen zu den endocardialen Klappengebilden des venösen Ostiums auf, und ist mit deren Schicksal aufs engste verknüpft.

Histologisch läßt die Muskulatur des Annulus a.-v., und die von ihm sich abzweigenden Bündel, die zur Kammer verlaufen, eine blasse Färbung erkennen, die einzelnen Fasern sind fibrillenärmer als die der Umgebung, besitzen teils große ovale, teils lange schmale Kerne, und bleiben durch reichliches interstitielles Bindegewebe von einander getrennt. Die Blutversorgung geschieht durch die Gefäße des Sulcus coronarius. Da sich an anderen Stellen des Herzens

Figur 1



Herz vom japanischen Riesensalamander (Cryptobranchus japonicus) durch einen Frontalschnitt eröffnet, man sieht in die dorsale Hälfte hinein
Sa. = Septum atriorum, *Vv. a.-v. do.* = Valvula a.-v. dorsalis,
S. K. = Sinusklappe, *Ch.* = Chordae tendineae,
A. T. = Ausströmungsteil, *c. Tr.* = centraler Trabekel,
N. S. = Nebenkammerseptum.

1) Gaskell, On the innervation of the heart with especial reference to the heart of the tortoise. Journal of Physiol. 1883.

Muskelfasern mit gleichen Merkmalen vorfinden, liegt das Besondere nur in der Anhäufung solcher Fasern an dieser Stelle.

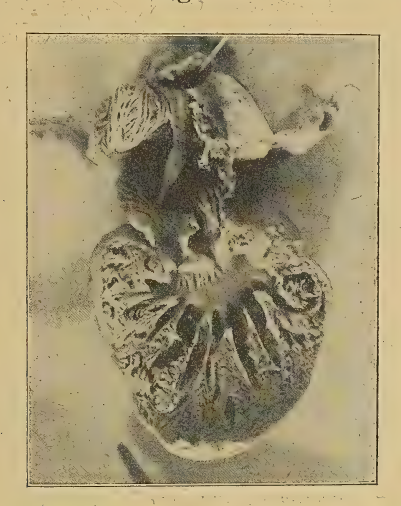
Die Kammer besteht aus einem Maschwerk von Muskelbälkchen, die an in der Peripherie locker, nach der Mitte zu dichter aneinander gefügt sind, und einzelne unvollkommene Septen (Fig. 1 N. S.) aufbauen. Die zwischen den letzteren gelegenen Räume, die Nebenkammern, öffnen sich nach einem trabekelfreien Durchgang, der magenförmig gestaltet, die beiden Kammerostien verbindet, und als Hauptkammer zu bezeichnen ist. Die äußerste Grenzschicht der Kammer, die sehr dünn ist, wird Corticalis genannt. Eine muskulöse Verbindung zwischen Vorhof und Kammer wird einmal hergestellt durch das Umbiegen der basalen Vorhofswand in die Corticalis der Kammer in Form jener A.-V.-Umschlagfalte, hier konnte kein direkter Uebergang von Muskelfasern festgestellt werden, und ferner durch eine Verschmelzung der vom Annulus a.-v. absteigenden Fasern mit den central gelegenen Kammertrabekeln (Fig. 1 c. Tr.). Diese letzteren übernehmen die Auskleidung der Hauptkammer dorsal und ventral und strahlen in radiärer Richtung an der Oberfläche der unvollkommenen Scheidewände aus. Sie anastomosieren untereinander und können daher mit mehreren Septen in Beziehung treten. Im rechten Abschnitt der Hauptkammer ordnen sie sich zu Zügen, die in parallelem Verlauf dem Ostium arteriosum zustreben, der von ihnen umschlossene Raum ist als Ausströmungsteil der Kammer deutlich abgegernezt. (Fig. 1 A. T.) Auf dem Scheitel der Nebenkammersepten anastomosieren die centralen Trabekel mit denen der gegenüberliegenden Seite, und nehmen hier einen zwingenförmigen Verlauf. Dieses centrale Muskelsystem, das an die innere Oberfläche der Haupt- und Nebenkammern grenzt, besitzen in dieser Form nur die Urodelen, es entsteht ontogenetisch als erstes, und wird in der Phylogenie auch zuerst abgebaut, sodaß es im Säugetierherzen mit Ausnahme der Kammerscheidewand nur noch in Rudimenten nachweisbar ist.

Am Ostium a.-v. werden zwei Taschenklappen beschrieben, je eine ventrale und eine dorsale. Es findet sich indessen bei den Salamandrinen außerdem noch eine kleine rechte, die schwach entwickelt ist, und bei Cryptobranchus japonicus erwähnt Osawa[1]) dazu noch eine linke laterale. Es finden sich somit schon bei den Urodelen Formen, welche die primären rein endocardialen Klappengebilde des Ostium a.-v. in jener Zahl und Anordnung besitzen, wie sie als Endocardkissen bei allen höheren Tieren in der embryonalen Entwicklung wiederkehren. Die Klappen haften sämtlich am A.-V.-

1) Osawa, Beiträge z. Anatomie des japanischen Riesensalamanders, Mitteilungen aus d. Med. Fakultät der Kaiserl. Jap. Univers. zu Tokio.

Ring, die ventrale und dorsale besitzen an ihrer Unterfläche sehnige Fäden, Chordae tendineae, durch die sie in Beziehung zu den centralen Trabekeln treten (Fig. 1 Ch.), die bedeutend kleineren seitlichen Klappen entbehren der Chordae tendineae, sie beschränken sich auf eine Abdichtung der lateralen Lücken des Klappenspaltes von der Vorhofseite her. Die Klappen stellen ein Mittelding zwischen Polster und Taschenklappen dar, und sind nur bei verengtem Ostium in der Lage, das letztere völlig zu verschließen. Ueber ihre Vorhofsfläche spannt sich in kurzem Bogen das Septum atriorum, durch das der Vorhof in eine größere rechte Abteilung mit venösem Blut, und eine kleinere linke mit arteriellem Blut zerlegt wird.

Figur 2.



Herz von Leptodactylus pentadaktylus, durch Frontalschnitt eröffnet, ventrale Hälfte.

Wenn wir die bei den Urodelen gefundenen Einrichtungen am Herzen der Anuren weiter verfolgen, so zeigt sich allgemein eine Tendenz zur Koncentration und Reduktion im Trabekelgefüge [1]). Das Ostium a.-v. grenzt mit seinem rechten Umfang unmittelbar an das Ostium bulbi. Die Kammerwandstrecke, durch die beide bei den Urodelen voneinander getrennt waren, ist reduciert, an ihrer Stelle findet sich eine sichelförmige Leiste, in deren Scheitel die Ringfasergruppen beider Ostien zur Berührung gelangen, sie ist als Bulboauricularleiste (Greil) [2]) zu bezeichnen. Die Lageverände-

1) Vergleiche hierzu Fig. 2.

2) Greil, Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Herzens u. des Truncus arteriosus „Morph. Jahrb. Bd. 31, 1903.

rung des arteriellen Ostiums besteht nicht nur in einer Verschiebung nach links, das letztere ist auch, wie noch gezeigt wird, in die Kammer eingerückt, sodaß durch beide Vorgänge die Einbeziehung des Bulbus cordis in die Kammer, wie sie bei den Reptilien statt hat, bei den Anuren vorbereitet erscheint. Die Muskelverbindung zwischen Vorhof und Kammer ist somit auf der Höhe der B.-A.-Leiste unterbrochen. Am linken Umfange des Ostiums findet sie noch an einzelnen Punkten in Form jener A.-V.-Umschlagfalte statt, wie sie bei den Urodelen vorherrschend war, dorsal und ventral hingegen tritt statt der centralen Kammertrabekel eine geschlossene Muskellamelle (Bulboauricularlamelle) an den Scheitel der Umschlagfalte. Der A.-V.-Ring ist deutlicher ausgeprägt, er besitzt mit seinen proximalen Ausläufern dieselben histologischen Merkmale, die bei den Urodelen erwähnt wurden, eine Anhäufung dieser Fasern auf bestimmte Punkte der Circumferenz war nicht festzustellen, ebensowenig ein besonders inniger Uebergang an einzelnen Stellen.

Durch das vorerwähnte Einrücken des Ostium arteriosum in den Ventrikel wird der Ausströmungsteil des Urodelenherzens auf einen kleinen Vorraum reduciert, die centralen Trabekel schieben sich zu einer einheitlichen Muskelplatte zusammen und bilden so die Bulboauricularlamelle. Gleichzeitig erfahren die rechtsgelegenen Septen der Nebenkammern eine Drehung, derart, daß die Eingänge zu den Nebenräumen dem venösen Ostium zugewandt bleiben, und lassen im ganzen eine schärfere Abgrenzung von der übrigen Trabekularmuskulatur erkennen.

Durch diese Umbildungen wird offenbar eine verbesserte Scheidung der Kreisläufe angestrebt. Die Bulboauricularlamelle verhindert ein Ausweichen des vom Vorhof kommenden Blutes unter das Gewölbe der Herzbasis, bevor es noch in die Nebenkammern gelangt ist, und unter der Bulboauricularleiste eröffnet sich eine breite Passage, die das venöse Blut direkt an den Bulbus heranführt. Dieser empfängt daher bei der Kammersystole zuerst rein venöses Blut, das er dem Lungenkreislauf zuleitet.

Anm. Das Primäre bei der Umbildung der Kammer ist das Bestreben, der Lunge ein angemessenes Quantum rein venösen Blutes zu sichern. Erst später tritt in dem Kammerseptum eine Einrichtung auf, durch die auch das arterielle Blut vor einer Vermischung bewahrt wird. Bei den Anuren schiebt sich der Bulbus an die rechte venöse Abteilung des Ostium a.-v. heran, er wandert dem venösen Blute entgegen. Bei den niederen Reptilien wird der Bulbus in die Kammer aufgenommen, damit erhält der Vorraum vor der Mündung vor der nun abgetrennten Arteria pulmonalis einen Zuwachs, entsprechend der größeren

Capacität der Reptilienlunge, und wird von dem übrigen Kammerraum geschieden durch eine unvollkommene Septumbildung, die als Muskelleiste bekannt ist. Diese Muskelleiste erzeugt während der Kammersystole einen temporären Abschluß des genannten Vorraums und isoliert damit aus dem rechten venösen Kammerteil einen Abschnitt, dessen rein venöses Blut vor einer Vermischung geschützt wird, und für den Lungenkreislauf bestimmt ist. Die Muskelleiste kann man daher als venöses Septum bezeichnen und dem später erscheinenden Kammerseptum als einem arterio-venösen gegenüberstellen. Sie bildet sich mit dem Auftreten des letzteren zurück, ist bei den Vögeln geschwunden und bei einigen Säugetieren nur noch in Rudimenten als sog. moderator band nachweisbar.

Am Ostium a.-v. sind vier Klappen konstant geworden. Die kleinen seitlichen haben sich ebenfalls zu regelrechten Taschenklappen mit Chordae tendineae entwickelt. Die dorsale und ventrale Klappe zeigen Anpassungen an die Ausdehnung des Ostiums unter die Bulboauricularleiste. In ihrem rechten Abschnitt sind sie verdickt und besitzen dort eine freiere Beweglichkeit, während der linke Teil durch kurze Chordae straffer an die Unterlage befestigt ist.

Aus den entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen, die an Larven von Triton alpestris ausgeführt wurden, seien die hier interessierenden Resultate kurz mitgeteilt. Der Annulus a.-v. ist eine schmale kompakt gebliebene Zone des primitiven Herzschlauchs, die anschließenden centralen Kammertrabekel sind der älteste Teil der Trabekularmuskulatur, sie bilden sich aus leistenförmigen Erhebungen, die in ihrer ursprünglichen Lage verharren, während eine kontinuierliche Außenschicht des Myokards unter Bildung von Bälkchen, die den Zusammenhang aufrecht erhalten, peripher zurückweicht.

Der centrale Hohlraum des Herzens vom Annulus a.-v. bis zum Bulbus entspricht demnach in seiner relativen Ausdehnung der Contur des primitiven Herzschlauchs. Die Trichterform des basalen Vorhofsteils kommt dadurch zustande, daß der A.-V.-Ring mit den anschließenden centralen Kammertrabekeln im Wachstum zurückbleibt, während die mächtig sich auswölbende Ventrikelbasis ihn umwächst, er gelangt damit passiv in die Tiefe. Eine sekundäre Verwachsung von Muskelanteilen dieser Zone findet nicht statt.

Zum Schluß möchte ich eine vergleichend anatomische Ableitung des A.-V.-Bündels der Säugetiere geben, die auf den obigen Untersuchungen fußt, und sie als Ausgangspunkt nimmt. Betrach-

tungen über diese Frage wurden von Keith und Flack[1]) angestellt, sie kommen zu dem Schluß, daß das A.-V.-Bündel ein Rest der primitiven Muskelverbindung im Herzen niederer Tiere sei. Sie bedienen sich bei diesen Untersuchungen der vergleichend histologischen Methode, und kommen bei den einzelnen Tierklassen zu unsicheren und oft sich widersprechenden Angaben, was auf die Unklarheit des von ihnen aufgestellten Begriffes „nodal tissue" (Knotengewebe) zurückzuführen ist. Solange über die Merkmale des „nodal tissue" noch keine Klarheit herrscht, bleiben die vergleichend histologischen Untersuchungen unzuverlässig. Eine morphologische Würdigung des A.-V.-Bündels ist mit ihnen nicht zu erreichen. Gegenüber dieser Auffassung der genannten Autoren erwägt Tandler[2]) die Möglichkeit, daß das A.-V.-Bündel ein autochton entstandenes System sei.

Nachdem wir im Urodelenherzen den Ausgangspunkt für unsere Betrachtung kennen gelernt haben, wollen wir daneben die Endform, das His'sche Bündel des Säugetierherzens kurz beschreiben. Das A.-V.-Bündel entspringt aus einem Knoten, der im rechten Vorhof nahe der Einmündung des Sinus coronarius gelegen ist, und histologisch zwei Abschnitte, einen Vorhofs- und einen Kammerteil erkennen läßt. Der Knoten setzt sich in einen gemeinsamen Stamm fort, der auf dem Scheitel des muskulösen Kammerseptums nach vorne bis zur Aorta hinzieht. Hier teilt er sich in einen rechten und linken Schenkel, die auf dem Septum reiten und zunächst auf dessen Oberfläche eine Strecke weit in die rechte und linke Kammer absteigen. Der linke Schenkel teilt sich in einen vorderen und hinteren Ast, die je zu einer Papillarmuskelgruppe ziehen. Der rechte Schenkel bleibt mehr geschlossen und geht mit seinem Hauptstamm lateralwärts zum vorderen Papillarmuskel. Er benutzt dabei die Bahn des Moderatorbands, ein kleiner rückläufiger Ast verläuft medial zum hinteren medialen Papillarmuskel.

Es muß auffallen, daß rein äußerlich zwischen dem Verlauf des A.-V.-Bündels der Säugetiere und der A.-V.-Verbindung des Urodelenherzens eine große Aehnlichkeit besteht, wenn man aus den zahlreichen Septen des letzteren sich eins mit seiner Vorhofverbindung herausgeschnitten denkt (siehe Fig. 3 a). Auch hier verlaufen die Fasern von der Basis des Vorhofs, dem A.-V.-Ring, zum

---

1) Keith and Flack, The form and nature of the muskular connections between the primary divisions of the vertebrate heart. Journ. of Anat. and Physiol. Vol. 41. 1907.

Keith and Mackenzie. Recent researches on the anatomy of the heart. Lancet 1910.

2) Tandler, Anatomie des Herzens, 24. Lief. d. Hdb. d. Anatomie d. Menschen. Jena 1913.

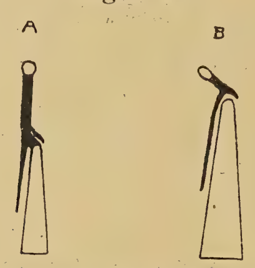
Scheitel der Nebenkammersepten und teilen sich in rechte und linke Schenkel, die auf dem Scheitel der Halbscheidewände reiten. Wenn wir annehmen, daß es sich um homologe Gebilde handelt, so fragt es sich einmal, in welcher Weise diese einzige Verbindung aus der Masse der übrigen isoliert wurde. Die Ontogenie des Säugetierherzens zeigt den kürzesten Weg zur Beantwortung dieser Frage; und ich betone, daß grade das Herz der Urodelen weitgehende Beziehungen zu frühembryonalen Stadien des Säugetierherzens aufweist. Wenn wir daher von einem solchen Stadium ausgehen, das wesentliche Uebereinstimmungen mit dem Herzen der geschwänzten Amphibien zeigt, und dann das weitere Schicksal der hier interessierenden Einrichtungen verfolgen, so ergibt sich, daß das primitive Ostium A.-V. sich beträchtlich erweitert, indem seine zentrale Stütze wegfällt, und die Muskulatur der Kammer an der Peripherie sich verdichtet. Die A.-V.-Falte samt Endocard-Kissen wird zur bindegewebigen Segelklappe, damit wird die Muskelverbindung zwischen Vorhof und Kammer unterbrochen. Es schwindet auch der A.-V.-Ring, der mit dem Schicksal der zugehörigen endocardialen Klappengebilde aufs engste verbunden ist. Die an die ehemalige Umschlagfalte angrenzenden Teile des zentralen Trabekelsystems werden zu Sehnenfäden, der Rest bleibt als Papillarmuskel bestehen. Auch die übrige Trabekularmuskulatur schwindet auf Kosten eines großen einheitlichen Hohlraumes. Aber eines der Septen mit seiner Muskelverbindung zum Vorhof hin (centraler Trabekel) bleibt bestehen, die Oeffnung über seinem freien Rand, das Foramen interventriculare entspricht der Hauptkammer des Urodelenherzens im Querschnitt. Nur das Kammerseptum bietet die Möglichkeit für eine Stütze des basalen Vorhofteils. Nur hier können muskulöse Verbindungen erhalten bleiben. Nach dem bisher Gesagten müßten diese Reste dorsal und ventral bestehen bleiben, ventral hiegegen kommt der Bulbus unmittelbar neben das Ostium A.-V. zu liegen, hier schwindet die Muskulatur frühzeitig bis auf eine Bulboauricularleiste. So bleibt die dorsale Verbindung als einzigstes bestehen, sie ist die Bahn des A.-V.-Bündels.

Wir finden diese Auffassung bestätigt durch Befunde bei der speziellen Entwicklungsgeschichte des His'schen Bündels, wie sie Mall[1]) an menschlichen Embryonen erhoben hat. Er fand das Bündel bei einem Embryo von 8 mm Länge. Hier wie in den anschließenden Stadien zieht er steil vom basalen Vorhofsteil zur Anlage des Kammerseptums. Diese Strecke ist relativ lang, sie

1) Mall, On the development of the human heart. The American Journ. of Anatomy. Vol. 13. 1912.

entspricht in der Lage, Ausdehnung und dem Verhalten zum Septum völlig einem centralen Trabekel (vergl. Fig. 3 a). Es bildet auch bei der fortschreitenden Entwicklung den freien Rand des Kammerseptums, da dieses nicht etwa durch Apposition aktiv in die Höhe wächst, sondern an seiner Stelle verharrt, während die Kammern neben ihnen nach der Herzspitze zu sich ausbuchten.

Figur 3.



Schema zur Entwicklung des A.-V.-Bündels.

A. Centraler Trabekel und Septum bei den Urodelen, zugleich Frühstadium im Sängerherzen.

B. A.-V.-Bündel und Septum im ausgewachsenen Sängerherzen, beide von halb rechts gesehen.

Da die Papillarmuskeln und das A.-V.-Bündel phylogenetisch sich aus derselben Quelle herleiten, werden auch die innigen Beziehungen zwischen beiden verständlich, auf die alle Untersucher hingewiesen haben. Diese Zusammengehörigkeit dokumentiert sich auch durch Vorgänge bei der Entwicklung der Papillarmuskeln, die Sato[1]) bei Aschoff untersucht hat. Er fand, daß die Anlage der Papillarmuskeln schon früh als starke central gelegene Balken hervortreten und zwar dorsal und ventral. (Vergl. die centralen Trabekel der Urodelen.) Im weiteren Verlaufe verschmelzen im linken Ventrikel die hinteren und vorderen zu je einer Papillarmuskelgruppe. Dementesprechend teilt sich links der Schenkel des His'schen Bündels in einen vorderen und hinteren Ast. Rechterseits liegen die Verhältnisse nicht so klar. Es findet keine solche Verschmelzung statt oder höchstens umgekehrt zwischen je einer vorderen und hinteren Gruppe. Infolgedessen teile sich der rechte Schenkel in einen starken lateralen und einen schwachen medialen Ast. Diese letzte Darstellung erscheint etwas gezwungen in Anbetracht der Verhältnisse, wie sie das ausgewachsene Herz darbietet. Eine befriedigende Erklärung des eigentümlichen Verlaufs des rechten Schenkels ergibt sich, wenn man seine Beziehungen zum

1) Shiro Sato, Ueber die Entwicklung der Atrioventrikularklappen und der Pars membranacea unter Berücksichtigung zugehöriger Herzmißbildungen. Anat. Hefte, 50. Bd.

Moderatorband in Betracht zieht. Dieses letztere (auch Trabecula septomarginalis genannt) wird von Tandler als Rest der sog. Muskelleiste des Reptilienherzens angesprochen. Die Muskelleiste ist eine unvollständige Septumbildung, sie entspricht zum Teil einer Halbscheidewand des Urodelenherzens, der zugehörige centrale Kammertrabekel findet sich als vorderer Papillarmuskel wieder, der konstant vom Moderatorband entspringt und von ihm Ursprungsbündel bezieht. Damit haben wir an dieser Stelle alle Bestandteile des centralen Muskelsystems der Urodelen zusammen. Die Beziehungen des A.-V.-Bündels zu diesem Septumrudiment waren zu erwarten. So verbindet das His'sche Bündel alle Rudimente der ehemals central gelegenen primitiven Muskulatur, selbst ursprünglich vom Muskelgewebe kaum unterschieden, hat es sich funktionell und geweblich von seinem Mutterboden emanzipiert, beweist aber seine phylogenetische Verwandtschaft zu diesem durch Beziehungen, die an das Verhältnis von Nerv zum Muskel erinnern.

Manuskript eingegangen am 23. XII. 20.

Ordentliche Sitzungen 1920.

A. Vorträge.

3. März im Physikalischen Institut:
F. A. Schulze, Ueber das Relativitätsprinzip in gemeinverständlicher Darstellung (nicht gedruckt).

30. März im Physikalischen Institut:
A. Thiel, Ueber Disglomeration, eine neue Art von Umwandlung regulinischer Metalle (mit Demonstrationen).

14. April im Geologischen Institut:
1. R. Wedekind, Ueber Virenz- und Mutationsperioden;
2. O. H. Schindewolf (als Gast), Ueber Siphonalbildungen der Ammonidea;
3. F. Richarz berichtet über die Abhandlung von H. Valentiner, Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung in der experimentellen Pädagogik.

12. Mai im Pharmakologischen Institut:
E. Frey, Ein Versuch den Verlauf der Zuckung des Skelettmuskels und Herzens von Stoffwechselvorgängen abzuleiten.

23. Juni in der Pathologischen Anatomie:
    Löhlein, Ueber Ulzeration und Regeneration bei Dysenterie.

21. Juli im Zoologischen Institut:
    1. E. Korschelt, Zur Lebensdauer und Biologie der Ruderfüßer und Muschelkrebse (Nach Untersuchungen von Frl. Dr. E. Walter und Dr. E. Schreiber);
    2. W. Harms, Ueber ein periodisch auftretendes Organ bei der Zwergfledermaus.

10. November im Physiologischen Institut:
    W. Jaensch (als Gast), Ueber Beziehungen von körperlichen und psychischen Eigenschaften der Persönlichkeit mit besonderer Rücksicht auf die innere Sekretion und klinische Fragen (mit Demonstrationen).

8. Dezember im Anatomischen Institut:
    1. Veit, Ueber einen menschlichen Embryo aus dem Anfang der 4. Woche (nach gemeinsamen Untersuchungen mit Herrn Prof. Esch). Vorläufige Mitteilung.
    2. Benninghof (als Gast), Zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Amphibienherzens.

B. Wahlen.

In der Sitzung vom 12. Mai 1920 Wahl des Vorstandes. Ergebnis: Vorsitzender: Geh. Rat Prof. F. Hofmann; stellvertretender Vorsitzender: Geh. Rat F. Richarz; Beisitzer: Geh. Rat Tuczek und Geh. Rat Gadamer; Kassenführer Prof. Thiel; Schriftenleiter: Prof. Wedekind; Schriftführer: Prof. F. A. Schulze.

23. Juni. Zum ordentlichen Mitglied gewählt: Herr Prof. A. Läwen und Herr Prof. A. Schwenkenbecher. Anstelle des verstorbenen Geh. Rat Richarz wird Herr Gadamer zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt, anstelle von Herrn Gadamer Herr Weigel zum Beisitzer.

1. Dezember: Zum ordentlichen Mitglied Herr Professor Cl. Schaefer.

Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Förderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1921



Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
1922.



Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Förderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1921

Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
1922.

Inhalt.

Verzeichnis der Mitglieder*)

(am Schluß des Jahres 1921).

Ehrenmitglieder.

Name	Datum
Marchand, Felix, Dr. med., o. Professor der pathol. Anatomie, Geh. Med.-Rat, Leipzig	19. 12. 00
Kayser, Emanuel, Dr. phil., o. Prof. em. der Geologie, Geh. Reg.-Rat, München	23. 10. 18 (13. 1. 86)

Einheimische Mitglieder.

A. Ordentliche.

Name	Datum
Ahlfeld, Friedrich, Dr. med., o. Prof. em. d. Gynäkol., Geh. Med.-Rat	11. 7. 83
v. Auwers, Karl, Dr. phil., o. Prof. der Chemie, Geh. Reg.-Rat	17. 12. 13
Bielschowsky, Alfred, Dr. med.. o. Professor der Augenheilkuude, Geh. Med.-Rat	6. 3. 14 (30. 7. 13)
Bonhoff, Heinrich, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Geh. Med.-Rat	9. 3. 04 (8. 11. 99)
Feussner, Wilhelm, Dr. phil., o. Hon.-Professor der theoretischen Physik, Geh. Reg.-Rat	14. 7. 81 (10. 6. 69)
Gadamer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der pharmazeut. Chemie Geh. Reg.-Rat	28. 5. 19 (9. 3. 98)
Göppert, Ernst, Dr. med., o. Professor der Anatomie	22. 10. 19 (4. 12. 12)
Gürber, August, Dr. med. et phil., o. Professor d. Pharmakologie	28. 6. 11 (9. 12. 08)
Hensel, Kurt, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik Geh. Reg.-Rat	10. 12. 02
Hildebrand, Heinrich, Dr. med,, o. Hon.-Professor der gerichtl. Medizin, Geh. Med.-Rat	12. 5. 15 (14. 12. 04)
Hofmann, Franz, Dr. med., o. Prof. d. Physiologie, Geh. Med.-Rat	21. 6. 16
Jaensch, Erich, Dr. phil., o. Professor der Philosophie	10. 3. 15 (11. 6. 13)
Korschelt, Eugen, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Geh. Reg.-Rat	26. 7. 98
Kutscher, Friedrich, Dr. med., o. Professor der Physiologie	12. 2. 93 (16. 2. 08)
Läwen, Arthur, Dr. med., o. Prof. der Chirurgie	23. 6. 20
Löhlein, Max, Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie	10. 7. 18
Meyer, Arthur, Dr. phil., o. Professor der Botanik, Geh. Reg.-Rat	4. 11. 91

* Die Daten bedeuten den Tag der Ernennung, die in Parenthese gesetzten Daten den Tag der Ernennung zum außerordentlichen Mitglied

Müller, Eduard, Dr. med., o. Prof., Direktor der med. Poliklinik 7. 5. 11
(9. 2. 10)
Neumann, Ernst, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik 10. 11. 20
Ostmann, Paul, Dr. med., o. Hon.-Prof. d. Otologie, Geh. Med.-Rat 13. 11. 95
Schaefer, Clemens, Dr. phil., o. Prof. der Physik 8. 12. 20
Schulze, Franz Arthur, Dr. phil., Prof., a. o. Prof. der theor. Physik 5. 8. 08
(31. 7. 01)
Schultze Jena, Leonhard, Dr. phil., o. Professor der Geographie . 7. 5. 13
Schwenkenbecher, Dr. med., o. Prof. der inneren Medizin 23. 6. 20
Thiel, Alfred, Dr. phil., o. Professor der physikalischen Chemie . 8. 5. 12
(10. 3. 11)
Tuczek, Franz, Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Geh. Med.-Rat 15. 5. 95
(14. 3. 90)
Uhlenhuth, Paul, Dr. med. o. Hon.-Professor der Hygiene . . 7. 12. 21
Wagener, Oskar, Dr. med., o. Professor der Otologie 11. 5. 20
Wedekind, Rudolf, Dr. phil., o. Prof. d. Geologie u. Paläontologie 12. 12. 17
Weigel, Otto, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie 10. 7. 18
(9. 2. 163
Wollenberg, Robert, Dr. med., o. Professor der Psychiatrie und Neurologie, Geh. Med.-Rat 28. 5. 19
Zangemeister, Wilhelm, Dr. med., o. Professor der Gynäkologie . 28. 6. 11
Zincke, Theodor, Dr. med., o. Prof. em. der Chemie, Geh. Reg.-Rat 13. 1. 76

B. Außerordentliche.

Berlin, Ernst, Dr. phil., Assistent am physiologischen Institut . 26. 16. 1
Benninghoff, Alfred, Dr. med., Privatdozent der Anatomie . . . 11. 5. 21
Blanckenhorn, Max, Professor Dr., Landesgeologe 15. 11. 1
Brand, Walter, Dr. phil., Studienrat, Oberlehrer 19. 32. 1
v. Dalwigk, Friedrich, Dr. phil., Prof., Privatdozent der reinen nud angewandten Mathematik 9. 5. 00
Esch, Peter, Dr. med., Professor, Privatdozent 20. 11. 13
Frey, Ernst, Dr. med , Professor, Privatdozent 30. 7. 13
Grüter, Wilhelm, Dr. med., Frofessor, Privatdozent, Assistent an der Augenklinik 28. 6. 11
Harms, Wilhelm, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Zoologie 7. 6. 10
Jahrmärker, Max, Dr. med., Professor, Privatdozent, Direktor der Landesheilanstalt 10. 2. 04
Kauffmann, Oskar, Hauptmann d. L., Forschungsreisender . . . 13. 12 11
Knabe, Dr. phil., Geh· Reg.-Rat, Direktor der Oberrealschule . . 19. 2. 19
Kreckwitz, Hans, Dr. med., Assistent an der medizin. Poliklinik . 24. 6. 14
Nordhausen, Max, Dr. phil., a. o. Professor der Botanik 12. 5. 12
Reissert, Arnold, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Chemie . 11. 2. 03
Rick, Dr. med., Assistent an der Frauenklinik 24. 6. 14
Rieländer, August, Dr. med., Prof., Privatdozent der Gynäkologie 13. 6. 06
Rohmer, Paul, Dr. med., Privatdozent 17. 12. 13
Schenck, Martin, Dr. med. et phil., Privatdozent, Professor, Assistent am pharmazeut. Institut 28. 6. 11
Schwantke, Arthur, Dr. phil., Professor, Privatdozent, Assistent am mineralogischen Institut 21. 6. 99
Siebert, Karl, Dr. phil., Chemiker 14. 5. 02
Strecker, Wilhelm, Dr. phil., a. o. Professor der Chemie 6. 3. 14
Strieder, Franz, Dr. phil., Assistent am physikalischen Institut . 10. 7. 18
Stuchtey, Karl, Dr. phil., Privatdozent, Assist. am physik. Institut 9. 12. 08
Take, Emil, Professor, Dr. phil., Privatdozent, Assistent am physikalischen Iustitut 9. 12. 08

Tönniges, Karl, Dr. phil., Professor, Assistent am zoolog. Institut 16. 2. 98
Veit, Otto, Dr. med., Privatdozent, Professor, I. Prosektor . . . 28. 7. 09
Wilson, Karl, Geh. Reg.-Rat 19. 2. 19
Wintzer, Paul, Dr. med., prakt. Arzt 13. 5. 14

Auswärtige Mitglieder.*)

Ach, Narciss, Dr. med. et phil., Prof. der Philosophie, Königsberg (8. 2. 05)
Ackermann, Dankwart, Dr. med., Professor, Privatdozent der Physioiogie, Würzburg . . . . (5. 8. 08)
Andrée, Karl, Dr. phil., a. o. Professor der Geologie, Königsberg (4. 8. 10)
Aschoff, Ludwig, o. Prof. der patholog. Anatomie, Freiburg i. Br. 17. 6. 03
Axenfeld, Theodor, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Freiburg i. Br. (15. 1. 96)
Barth, Adolf, Dr. med., o. Professor der Otologie, Leipzig . . 4. 11. 91
Barth, Arthur, Dr. med., Professor, Oberarzt, Danzig . . . . (13. 11. 95)
Beneke, Rudolf, Dr. med., o. Professor der path. Anatomie, Halle 14. 11. 06
Berblinger, Walter, Professor, Dr. med., Privatdozent, Kiel . . (8. 2. 05)
v. Bergmann, Gustav, Dr. med., o. Prof. d. inn. Medizin, Frankfurt a. M. 10. 5. 17
Böhm, Rudolf, Dr. med., o. Professor der Pharmazie, Geh. Med.-Rat, Leipzig 20. 5. 81
Borrmann, Robert, Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Braunschweig . . . . (14. 5. 02)
Brauer, Ludolf, Dr. med., o. Professor, Direktor der medizinischen Klinik in Hamburg-Eppendorf . . . . (14. 12. 04)
**Breithaupt, Wilhelm,* Dr. ing. h. c., Cassel 23. 10. 18
Brauns, Reinhard, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Geh. Berg-Rat, Bonn . . . . (27. 1. 88)
Bruns, Oskar, Dr. med., a. o. Prof. der inn. Medizin, Göttingen . (28. 6. 11)
Buchholz, Adolf, Dr. med., Professor, Hamburg 8. 12. 97
Busz, Karl, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Münster . . (19. 6. 95)
Cloos, Hans, Dr. phil., o. Professor der Geologie u. Paläontologie, Breslau 10. 3. 15
Diels, Ludwig, Dr. phil., Kustos am botanischen Museum, a. o. Professor an der Universität, Berlin-Dahlem 28. 6. 11
(28. 7. 09)
Dietrich, Theodor, Dr. phil., Professor, Geh. Reg.-Rat, Hannover (15. 1. 96)
Drevermann, Fritz, Dr. phil., Professor, Frankfurt a. M. . . . (11. 2. 03)
Enderlen, Eugen, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Heidelberg 12. 2. 97
**Eysell, Adolf,* Dr. med., Geh. Sanitätsrat, Cassel 23. 10. 18
Falk, Ferdinand August, Dr. med., a. o. Prof. d. Pharmazie, Kiel 28. 4. 75
**Fennel, Adolf,* Inhaber der Firma Otto Fennel Söhne, Cassel . (23. 10. 18)
Fischer, Guido, Dr. phil., a. o. Professor der Zahnheilkunde, Hamburg 28. 6. 11
Fraenkel, Karl, Dr. med., o. Professor der Hygiene, Halle . . . 4. 11. 91
Fries, Karl, Dr. phil., o. Professor der Chemie, Braunschweig . . 10. 3. 15
(9. 3. 04)
Fuëter, Rudolf, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Zürich . (3. 5. 07)
Goebel, Karl, Dr. phil., o. Professor der Botanik, München . . . 27. 1. 88
**Guder,* Dr. med., Geh. Med.-Rat, Kreisarzt, Laasphe 23. 10. 18
Hagemann, Richard, Dr. med., Professor, Privatdozent, Würzburg 13. 5. 14

---

*) Die mit einem * bezeichneten sind korrespondierende, die sämtlichen übrigen ehemalige einheimische Mitglieder.

Haselhoff, Emil, Dr. phil., Professor, Direktor der landwirtsch. Versuchsstation, Cassel . . . . . . (11. 2. 03)

Häcker, Rudolf, Dr. med., Professor, Oberarzt der chirurgischen Klinik, Essen . . . . . . (7. 6. 10)

Heffter, Arthur, Dr. phil. et med., o. Professor der Pharmakologie, Berlin 14. 11. 06

Heine, Leopold, o. Professor der Ophthalmologie, Kiel . . . . (18. 1. 99)

Hellinger, Ernst, Dr. phil., a. o. Professor der Mathematik, Frankfurt a. M. . . . . . . (12. 1. 10)

**Heraeus, Wilhelm,* Dr. phil., Leiter der Firma W. C. Heraeus, Hanau 23. 10. 18

Hermann, Theodor, Dr. phil., Hanau . . . . . . (2. 7. 68)

v. Hess, Karl, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, München 11. 11. 96

Hess, Otto, Dr. med., Professor, Oberarzt, Posen . . . . (25. 6. 02)

**Heusler, Fritz,* Dr. phil., Hüttendirektor, Dillenburg 8. 2. 05

Hohmeier, Friedrich, Dr. med., Frofessor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Coblenz . . . . . . (24. 6. 14)

Hürter, Jakob, Dr. med., Professor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Mainz 17. 12. 13

Jores, Leonhard, Dr. med., o. Professor, Direktor des patholog. Instituts, Kiel 9. 23. 1

Jung, Heinrich, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Halle . . (13. 7 1

Katsch, Gerhard, Dr. med., Privatdozent, Frankfurt a. M. . . . 29. 5. 5

Keller, Oskar, Dr. phil., a. o. Professor der pharmaz. Chemie, Jena 28. 6. 1

König, Friedrich, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Würzburg 9. 7. 0

Körner, Theodor, Dr. phil., Chemiker, Buxtehude . . . . 21. 3.

Kossel, Albrecht, Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Rat, Heidelberg 15. 5. 95

Krauss, Wilhelm, Dr. med., Professor der Augenheilkunde an der medizinischen Akademie, Düsseldorf . . . . . . (10. 7 07)

v. Krehl, Ludolf, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, Heidelberg 8. 11. 99

Küster, Ernst, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Berlin 4. 11. 91

Küttner, Hermann, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Breslau (8. 2. 05)

**Leitz, Ernst,* jun., Dr. phil. h. c., Wetzlar 23. 10. 18

Löning, Fritz, Dr. med., Prof., Chefarzt am Krankenhaus in Altona 9. 7. 13

Loewi, Otto, Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Graz . . (15. 5. 01)

Lotz, Heinrich, Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . . . (13. 12. 99)

Matthes, Max, Dr. med., o. Professor der i neren Medizin, Geh. Med.-Rat, Königsberg 28 6. 11

Meisenheimer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Leipzig 5. 8. 08
(16. 2. 98)

**Mense, Karl,* Dr. med., Professor, Cassel 23. 10. 18

Meyer, Hans, Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Wien . 11. 3. 85

Misch, Georg, Dr. phil., o. Professor der Philosophie, Göttingen . (30. 7. 13)

v. Müller, Friedrich, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, München 26. 7. 93

Neide, Ernst, Major a. D., Dr. phil., Allstedt, Sachsen-Weimar . (13. 1. 04)

Noll, Alfred, Dr. med., a. o. Professor der Physiologie, Jena . . (16. 2. 98)

Obst, E., Dr. phil., a. o. Professor der Geographie, Breslau . . . . (13. 11. 12)

Oestreich, Karl, Dr. phil., o. Professor der Geographie, Utrecht . (9. 3. 04)

Opitz, Erich, Dr. med., Prof., Direktor der Frauenklinik, Gießen . (13. 1. 04)

Pfannkuch, Wilhelm. Dr. med., prakt. Arzt, Cassel . . . . . (17. 1. 72)

Plate, Ludwig, Dr. phil., o. Professor der Zoologie, Jena . . . (27. 1. 88)

Plenge, Enriquez, Dr. med., Heidelberg . . . . (7. 3. 99)

Ransom, Frederick, Dr. med., Cambridge . . . . (7. 3. 99)
Rathke, Bernhard, Dr. phil., Professor der physik. Chemie, Meran 14. 3. 84
**Rehn, Joh. Heinrich,* Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M. . . . 26. 11. 80
Romberg, Ernst, Dr. med., o. Professor der inn. Medizin, München 20. 6. 00
**Roser, Wilhelm,* Dr. phil., Professor, Höchst 23. 10. 18
Rost, Eugen, Dr. med., Regierungsrat, Berlin . . . . (16. 2. 98)
Rubner, Max, Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Med.-Rat, Berlin 13. 1. 86
Rühl, Alfred, Dr. phil., a. o. Professor der Geographie, Berlin . (28. 7. 09)
Rumpf, Theodor, Dr. med., Professor, Bonn 14. 3. 90
Rupp, Erwin, Dr. phil., o. Professor für Pharmazie, Königsberg . (14. 12. 04)
Ruppel, Wilhelm, Dr. phil., Professor, Höchst . . . . (18. 7. 00)
Sauerbruch, Ferdinand, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, München . . . . (7. 6. 10)
Schaum, Karl, Dr. phil., o. Professor der physik. Chemie, Gießen 13. 12. 05 (11. 8. 97)
Schenck, Rudolf, Dr. phil., o. Professor der Chemie, Geh. Reg.-Rat, Münster . . . . (11. 8. 97)
Schmidt, Martin, Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie, Würzburg 28. 6. 11
Schöne, Georg, Dr. med., Privatdozent für Chirurgie, Greifswald (7. 6. 10)
Schottelius, Max, Dr. med., o. Professor der Hygiene, Hofrat, Freiburg i. B. . . . . (11. 7. 79)
Schottky, Friedrich, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Geh. Reg.-Rat, Berlin 15. 5. 95
Schridde, Hermann, Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Dortmund . . . . (13. 12. 05)
Seddig, Max, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Physik, Frankfurt a. M. (17. 6. 03)
Siemens, Friedrich, Dr. med., Geh. Med.-Rat, Direktor der Landes-Irrenanstalt Lauenburg i. P. . . . . (19. 12. 79)
Stoeckel, Walter, Dr. med., o. Professor, Direktor der gynäkolog. Klinik, Kiel . . . . (5. 8. 08)
Strahl, Hans, Dr. med., o. Professor der Anatomie, Gießen . . . 27. 1. 88 (14. 12. 80)
Straub, Walther, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Freiburg (13. 12. 05)
Study, Eduard, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Bonn . . (14. 3. 90)
Uthoff, Wilhelm, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau 4. 11. 91
**Vogt, Heinrich,* Dr. med., Professor, Wiesbaden 23. 10. 18
Wegener, Alfred, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Meteorologie und Astronomie, Hamburg 12. 5. 15 (28. 7. 09)
Wendel, Walther, Dr. med., Professor, Direktor des städtischen Krankenhauses, Magdeburg-Sudenburg . . . . (12. 2. 02)
Wernicke, Erich, Dr. med., Professor, Direktor des hygienischen Instituts in Posen 16. 2. 98 (10. 2. 97)
**Wortmann,* Geh. Rat, Professor Dr., Geisenheim 23. 10. 18
Ziegenbein, Hans, Dr. phil., Vorsteher des Nahrungsmittelamts, Stralsund . . . . (14. 5. 02)

Durch den Tod hat die Gesellschaft verloren:

von den ordentlichen Mitgliedern:

Schmidt, Ernst, Dr. phil., o. Professor der pharmazeut. Chemie, Geh. Reg.-Rat 11. 3. 85

Der Vorstand.

F. Hofmann, Vorsitzender. *W. Harms,* ständiger Schriftführer.
A. Thiel, Schatzmeister. *R. Wedekind,* Schriftenleiter.

Engerer Ausschuß.

Gadamer, stellvertr. Vorsitzender. *F. Tuczek.* *Weigel.* *Thiel.*

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg

Nr. 1 April 1921

R. Wedekind Marburg:

Zur Kenntnis der Stringophyllen des oberen Mitteldevon.

Einleitung.

An der Basis des Massenkalkes habe ich vor einer Reihe von Jahren eine Koralle gefunden, die infolge ihres besonderen Baues mein ganzes Interesse erregte. Sie wurde in der Folge von mir an verschiedenen anderen Punkten wiedergefunden, fehlte dagegen konstant in anderen Teilen des Massenkalkes. Sie wurde Stringophyllum benannt, weil sie eine wichtige Leitform des Stringocephalenkalkes darstellt. Nachdem einmal die stratigraphische Bedeutung erkannt war, mußte einmal ihr Lager mit einem Fixpunkte des mitteldevonischen Profiles verglichen und andererseits ihre systematische Einordnung versucht werden. Ueberraschend schnell glückte die Lösung des ersten Problemes bei Bergisch-Gladbach. Die Quadrigeminus-Schichten können nunmehr direkt als Stringophyllum-Stufe bezeichnet werden. Zur Klärung der zweiten Frage habe ich mein devonisches Korallenmaterial vermehrt und fortlaufend durch Längs- und Querschliffe ergänzt, sodaß ich bereits heute über eine bedeutende Dünnschliffsammlung devonischer Korallen verfüge. War zuerst nur eine Revision der bekannten *Frech*'schen Monographie beabsichtigt, so zwang das sich immer mehrende Material schließlich zu einer vollständigen Neubearbeitung der Systematik und des Baues.

Aus den bisher gewonnenen Resultaten teile ich hier zunächst in Form einer vorläufigen Mitteilung einige Beobachtungen über die Stringophyllen mit, während meine Mitarbeiterin Fräulein *Vollbrecht* eine Notiz über den Bau der devonischen Korallen veröffentlichen wird. Herr cand. geol. *Amanshauser* hat die Verfolgung der bisherigen stratigraphischen Ergebnisse und ihre Vervollständigung im Gelände in Angriff genommen, sodaß wir hoffen, Ende des Sommers ein abschließendes Bild geben zu können.

Marburg, April 1921.

R. Wedekind.

Systematische Vorbemerkungen.

Allem Anschein nach stellt der Formenkreis der Columnarien einen primitiven Bautypus unter den Tetrakorallen dar. Sie besitzen nur Böden und Septen, aber noch kein interseptales Blasengewebe. Im Mittelpunkte dieses Formenkreises steht das Genus Columnaria *Goldfuß* (= Cyathophylloides *Dybowski*). *Weißaermel* hat die Bedeutung dieser Gattung in ausführlicher Darstellung behandelt. Columnaria bildet rasen- oder stockförmige Kolonien. Die Septen sind lang und ungezähnelt. Die häufig noch unregel-

mäßigen Böden sind in der Mitte ausgesprochen konvex. Dieser mittlere Teil wird von einer konkaven Randzone umgeben. Diese Form der Böden ist bedeutungsvoll.

In engster Verbindung mit Columnaria steht, wie schon *Weißaermel* betont, Streptelasma *Hall,* ebenfalls untersilurisch. Die nahe Beziehung von Streptelasma zu Columnaria kommen besonders in der Form der Böden zum Ausdruck. Diese zeigen in ihrer gesamten Anordnung wiederum eine stark konvexe mittlere und eine konkave Randzone. In ihrer Gesamtanordnung sind sie wie bei Columnaria durchaus nicht immer vollständig zwischen der Außenwand ausgespannt, sondern z. T. kleiner und bilden dann große, den vollständigen Böden aufsitzende flache Blasen. Die Septen sind lang und bilden in der Mitte ein aus den Enden der Septen bestehendes, gewundenes Mittelsäulchen. Außer diesen beiden Gattungen gehören auch wohl noch Amplexus *Sow.* und Pholidophyllum *Lindstr.* (mit verdickter Wand) hierher. Auch die Gattung Omphyma, die ich durch Dünnschliffe untersuchen konnte, gehört hierher. Nach Querschliffen allein könnte man zu der Ansicht kommen, daß bei dieser Gattung die Böden an der Außenwand in interseptales Blasengewebe aufgelöst wären. Das ist aber keineswegs der Fall. Hier treten Randblasen wie bei Mesophyllum auf, sodaß die Septen die Außenwand nicht erreichen. Diese Tatsache ist aber deshalb wichtig, weil sie die Selbständigkeit der Randblasen von dem interseptalen Blasengewebe erweist. Die Septen laufen als kurze Leisten über diese Randblasen entlang. Die sog. vier Fossulae werden bei Omphyma dadurch gebildet, daß die großen konvexen Randblasen winklig zusammenstoßen. Diesen gesamten Formenkreis hat *Dybowski* zu einer Familie der Cyathophylloidae zusammengefaßt. Die Bezeichnung wird entspr. der Aenderung des Gattungsnamens in Columnariidae geändert.

An die Columnariidae schließt ein weiterer Formenkreis an, den man als *ältere Cyathophylidae* bezeichnen kann. Im Obersilur setzt dieser Formenkreis mit der Gruppe des Cyathophyllum articulatum *His.* ein. Der Kelch besitzt einen flachen Kelchrand und eine flache Grube. Der Längsschnitt zeigt Böden, die in der Mitte der Koralle konvex sind und von einer konkaven Zone umgeben sind. Gegen die Mauer hin werden die Böden in interseptales Blasengewebe aufgelöst, das dem äußeren aufgebogenen Teile der Böden der Columnarien entspricht. Die Septen sind lang und erreichen die Mittelzone nicht. Zu dieser Gruppe haben eine Reihe weiterer obersilurischer Gattungen sehr enge Beziehungen. Die obersilurische Gruppe des Endophyllum contortiseptatum zeigt den gleichen Charakter der Böden, aber am Rande rückgebildete Septen.

Die an die ältesten (silurischen) Cyathophyllen anschließenden

jüngeren (devonischen) Cyathophyllen habe ich bereits in meiner ersten Studie behandelt. Die jüngeren Cyathophyllen besitzen nicht mehr die Form der Böden, wie sie den älteren Cyathophyllen charakteristisch ist. Der flache Kelchrand kommt zu einer starken Herausbildung.

In anderer Weise als die Cyathophyllidae entwickeln sich die Campophyllidae. Wie bei den Cyathophyllidae werden auch bei den Campophyllidae die randlichen Teile der Böden in interseptales Blasengewebe aufgelöst. Von den Cyathophyllidae unterscheiden sie sich dadurch, daß ihnen ein flacher, breiter Kelchrand fehlt. Das bisher untersuchte Material der Campophyllidae [1]) des Marburger geologischen Instituts ist von mir auf Grund zahlreicher Dünnschliffe in folgender Weise gruppiert:

1. Böden einfach gerade. Interseptales Blasengewebe bei den primitiveren Formen als randliche Interseptallamellen in geringer Zahl vorhanden. Es schreitet, die Böden immer weiter auflösend, gegen das Zentrum vor. *Unterfamilie Campophyllinae Wdkd.*
2. Böden konvex, in Systemen — gruppenweise — auftretend. Zahl der Interseptalblasen resp. Interseptallamellenreihen an der Außenwand gering. *Unterfamilie Phacellophyllinae Wdkd.*
3. Böden konkav, nicht in Systemen oder Gruppen angeordnet. Zahl der Interseptablasenreihen an der Außenwand gering. *Unterfamilie Spongophyllinae Wdkd.*
4. Böden tief konkav in Systemen oder Gruppen von Haupt- und Nebenböden angeordnet. Die Zahl der Interseptalblasen resp. Interseptallamellen wird, von einer geringen Zahl ausgehend, schrittweise auf Kosten der Böden vermehrt. *Unterfamilie Stringophyllinae. Wdkd.*

Die oberdevonischen Korallen sind bisher noch nicht in den Bereich meiner Untersuchungen hineinbezogen. In dieser Studie wird nur die Unterfamilie der Phacellophyllinae und Stringophyllinae behandelt.

Unterfamilie Phacellophyllinae Wdkd.

Schlankzylindrische oder prismatische Korallen, die in der Regel Kolonien bilden, aber auch als Einzelkorallen auftreten. Die wohlentwickelten Böden sind konvex und in Systemen angeordnet. Interseptales Blasengewebe (Interseptallamellen) ist bei den primitiveren Typen dieser Familie zunächst in geringer Zahl vorhanden, wird weiterhin aber auf Kosten der Böden schrittweise vermehrt.

1. Genus Schlüteria Wdkd.

Die am einfachsten gebauten der hierher gehörigen Formen sollen zu einem Genus Schlüteria zusammengefaßt werden. Als

---

1) Diese interessante Familie wird z. Zt. von Fräulein cand. geol. *Vollbrecht* bearbeitet. In der Nomenklatur der morphologischen Elemente werde ich mich in Zukunft an Fräulein Vollbrecht anschließen.

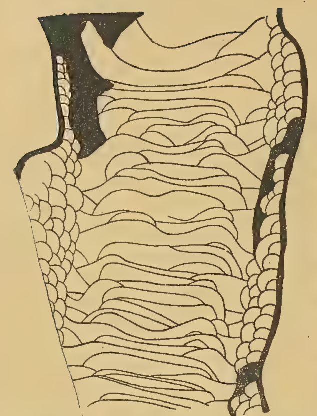


Fig. 1. Schlüteria Emsti Wdkd. 2 ×
Emst bei Hagen.

Musterart wähle ich die glänzend erhaltene Schlüteria Emsti n. sp. aus den oberen Honseler Schichten von Emst bei Hagen. Die Art zeigt die Charaktere der Gattung in klarster Ausbildung. Die Böden sind convex und in Systemen angeordnet. Zentrales Blasengewebe fehlt, vom interseptalen Blasengewebe sind nur Interseptallamellen in zwei bis vier Reihen an der Außenwand vorhanden. Die Septen erster und zweiter Ordnung sind nicht rückgebildet. In die Zentralzone schneiden auch die Septen erster Ordnung nicht ein.

Schlüteria ist also charakterisiert durch nicht rückgebildete Septen, durch einfache an der Außenwand wenige Reihen bildende Interseptallamellen und durch die zu Systemen zusammentretenden konvexen Böden.

Innerhalb der Gattung sind zwei Gruppen zu unterscheiden:

a) Gruppe der Schlüteria Emsti n. sp. Die Arten bilden Stöcke, die aus langgestreckten zylindrischen Individuen bestehen, deren Außenwände nicht miteinander verwachsen.

b) Gruppe der Schlüteria quadrigemina. Die hierher gehörigen Arten bilden massige, geschlossene Kolonien. Die Individuen sind mit ihren Außenwänden der ganze Länge nach verwachsen.

Die Gruppe der Schlüteria Emsti n. sp. enthält eine Reihe bisher ungenügend bekannter Arten. *Goldfuß* hat bekanntlich zwischen „Lithodendron caespitosum“ Taf. 13, Fig. 4 (Bensberg) und „Cyathophyllum caespitosum“ Taf. 19, Fig. 4 (Bensberg) unterschieden. 1881 hat Schlüter *Goldfuß'* Lithodendron caespitosum neu untersucht und diese Art als Fascicularia caespitosa und dann 1889 als Fasciphyllum caespitosum bezeichnet. Ueber Cyathophyllum caespitosum finde ich dagegen bei Schlüter keine Angaben. „Lithodendron caespitosum“ gehört zweifellos nicht zu Schlüteria. *Frech* hat 1886 als Cyathophyllum caespitosum einmal ein echtes Phacellophyllum (Taf. 3, Fig. 13) und eine zu Schlüteria gehörende Art (Taf. 3, Fig. 9 und 10) vereinigt. Ich kann nicht feststellen, ob vielleicht *Goldfuß* Cyathophyllum caespitosum im Bau mit Frechs Abbildung (Taf. 3, Fig. 9) übereinstimmt und ebenfalls eine Schlüteria wäre. Um bei diesen Schwierigkeiten Klarheit zu schaffen, wird man am besten den Namen Cyathophyllum caespitosum ganz aufgeben und unter „caespitosum nur die von Schlüter genau untersuchte und beschriebene Form verstehen. Mir liegt noch weiteres Material dieser Gruppe vor, das zu einer genaueren Untersuchung nicht ausreicht.

Die Gruppe der Schlüteria quadrigemina bietet Schwierigkeiten anderer Art. Ich habe drei verschiedene Vorkommen des sog. „Cyathophyllum quadrigeminum *Goldfuß*“ untersucht. Die Festellung dieses Artbegriffes ist wichtig, weil mit dieser Art stratigraphisch operiert wird, meist freilich ohne Erfolg. Nach Cyathophyllum quadrigeminum wird ein bestimmtes Niveau des Mitteldevons bezeichnet, dessen stratigraphische Position durch das Vorkommen von Bergisch-Gladbach gegeben ist. *Goldfuß* hat nun aber diese Art für

ein Eifeler Vorkommen aufgestellt. Endlich erwähnt noch *Fliegel* das Vorkommen dieser Art aus dem Hangenden der Quadrigeminus-Schichten von Bergisch-Gladbach. Diese drei von verschiedenen Fundpunkten stammenden Formen wurden durch Dünnschliffe untersucht, wobei sich folgendes Resultat ergab.

1. Eifler Typus von Gerolstein. Bei guter Orientierung zeigt der Längsschliff ein bis zwei, seltener drei Reihen von Interseptallamellen an der Außenwand. Die Böden sind convex und in Systemen angeordnet. Septen erster und zweiter Ordnung sind in mittlerer Anzahl vorhanden.
2. Typus aus den Quadrigeminus-Schichten von Hand. Im Längsschnitt unterscheidet sich dieser Typus von dem Eifeler Typus durch die sehr viel zahlreicheren Reihen von Interseptallamellen. Die Böden sind infolge ihrer fortgeschrittenen Auflösung in Interseptallamellen viel weniger regelmäßig entwickelt. Ihre konvexe Natur tritt aber noch deutlich genug hervor. Der Querschnitt zeigt sehr zahlreiche Septen erster und zweiter Ordnung.
3. Typus vom Sander Berg. Ein Querschnitt ergab, daß nur Septen erster Ordnung in geringer Zahl vorhanden sind. Die Außenwand ist durch Stereoplasma so stark verdickt, daß nur an einzelnen Stellen die Schnitte der Interseptallamellen noch zu erkennen sind. Auch im Längsschnitt treten sie nur an einzelnen Stellen noch deutlich hervor. Auffallend ist, daß bei diesem bisher jüngsten Vertreter der Quadrigemina-Gruppe die Zahl der Interseptallamellen so gering ist wie bei dem Eifeler Typus. Auch die Gestaltung der konvexen Böden ist abweichend von der der beiden anderen Arten.

Nach der Abbildung von *Goldfuß* und *Frech* bin ich nicht in der Lage festzustellen, welcher dieser drei Typen als Cyathophyllum quadrigeminum zu bezeichnen ist. Um die Verwirrung, die schon hinreichend vorhanden ist, nicht noch zu vergrößern, soll der Typus von Hand den von *Goldfuß* eingeführten Namen beibehalten, der Eifeler Typus soll als Schlüteria Eifliensis und der jüngste als Schlüteria Sanderi bezeichnet werden. Es sei erwähnt, daß Schlüteria quadrigemina in diesem Sinne bereits in den Mesophyllum-Schichten vom Emst vorhanden ist.

Genus Spinophyllum Wdkd.

Spinophyllum umfaßt alle diejenigen Phacellophyllinae, die durch Septalleisten ausgezeichnet sind. Die Interseptallamellen sind einfach, meist in großer Zahl vorhanden. Die Böden sind konvex und in Systemen angeordnet.

Schlüter hat 1889 S. 46 eine auffallende Koralle aus den Bücheler Schichten unter dem Namen Campophyllum spongiosum beschrieben. Die Beschreibung ist so vorzüglich, daß es auch ohne Abbildung gelingt, diese Art zu bestimmen. Nachdem ein Längsschliff hergestellt war, zeigte es sich, daß es ein Vertreter der Phacellophylinae sein mußte. Dabei war freilich die große Zahl der Randbläschen auffallend. Bei der Musterung meines Dünnschliffmaterials stieß ich nunmehr auf eine caespitosa ähnliche Form von Reffrath, die als unmittelbarer Vorfahr dieses Seitenzweiges in Anspruch zu nehmen ist. Sie soll als Schlüteria rugosa bezeichnet werden. Es sind im Längsschliff zirka vier

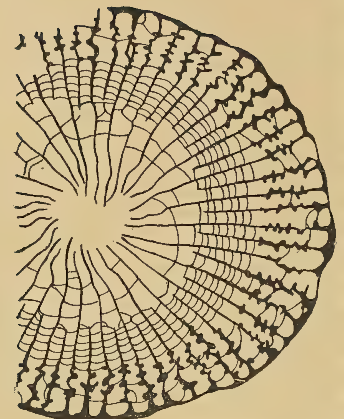


Fig. 2. *Spinophyllum spongiosum Schlüter.* Bücheler Schichten von Berg. Gladbach. 4×.

Reihen von regelmäßigen Interseptallamellen vorhanden, die im Querschnitt konkave Schnittlinien ergeben. Die Böden haben die typische Ausbildung. Die Septen zeigen sowohl im Längs- wie im Querschliff den Beginn der Bildung von Septalleisten. Diese Septalleisten sind bei Schlüteria rugosa noch sehr schwach erhaben, während sie bei Spinophyllum spongiosum als kräftige Leisten hervortreten. In der Nähe der Außenwand sind die Septen außerdem verbogen und auch wohl gespalten. Man kann im Zweifel sein, ob die Art rugosa zu Schlüteria oder zu Spinophyllum zu stellen ist. Ich ziehe die Grenze zwischen den beiden Gattungen dort, wo die Septalleisten frei hervortreten. Dann wird die Gattung auch von stratigraphischer Bedeutung.

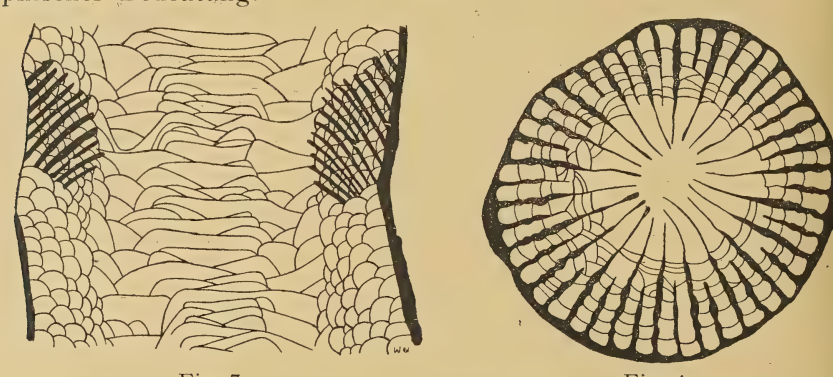


Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 3, 4. *Schlüteria rugosa Wdkd. Reffrath (?).* Etwa 4×.

Genus Phacellophyllum Guerich.

Die hierhergehörige Gruppe von Korallen hat *Schlüter* 1881 noch zu Fascicularia resp. Fasciphyllum gestellt. *Guerich* stellte dann 1909 für die Gruppe der Fasciolaria caespitosa *Goldfuß* das Genus Phacellophyllum auf, das klar definiert ist.

Von Schlüteria zu dem dieses Genus die engste Beziehung zeigt, unterscheidet es sich dadurch, daß in der Nähe der Außenwand außer Interseptallamellen größere Interseptalblasen auftreten und

sich zu einer kontiuierlich durchlaufenden Hauptblasenreihe zusammenschließen, deren Außenschenkel durch Stereoplasma verdickt ist, sodaß eine Innenmauer entsteht.

Die älteste mir bekannte Form stammt von Gerolstein, wo sie sich in großer Häufigkeit befindet. Das Charakteristische dieser Gerolsteiner Form liegt darin, daß ein Ring großer und hoher Interseptalblasen in der Nähe der Mauer vorhanden ist. Zwischen der Hauptblasenreihe und der Mauer ist eine Reihe von Interseptallamellen vorhanden, deren Schnitte nicht gerade, sondern deutlich gebogen sind. Zwischen den Hauptblasen sind einmal fast horizontale Böden vorhanden, die den ganzen Zwischenraum zwischen den Hauptbläschen ausfüllen. Diesen horizontalen Böden sitzen ein bis zwei konvexe Böden auf, die nur vereinzelt sich noch an die Hauptblasenreihe anlehnen. Im Querschnitt erscheinen zahlreiche Septen. Septen erster Ordnung sind länger als die zweiter Ordnung, erreichen aber das Zentrum nicht. Sie sind gegen die Mitte hin unregelmäßig gebogen. Etwas abweichende Formen habe ich dann in Bergisch-Gladbach, freilich selten, angetroffen. Bei der glänzenden Erhaltung ist der Bau bis in alle Einzelheiten genau zu studieren. Von der Gerolsteiner Form unterscheiden sie sich sofort dadurch, daß die randlichen Interseptallamellen nach oben konkav sind und daß sich an den Ring der großen Hauptblasen mehrere Reihen kleiner Interseptallamellen anschließen, die im Querschnitt mit Bezug auf das Zentrum konkave Schnittlinien zeigen. An diese schließen sich einige große Interseptallamellen an, die z. T. direkt in Böden übergehen, z. T. auf die Böden aufstoßen. Die Septen sind in der Zone der Hauptblasen spindelförmig verdickt. Eine der Paffrather ähnliche Form hat Schlüter als Fascicularia caespitosa *Goldfuß* bezeichnet. *Schlüter's* caespitosa unterscheidet sich nur dadurch von unserer *Paffrather* Form, daß sie nur die Hauptblasen zeigt und keine weiteren Schnitte von Interseptallamellen neben diesen Hauptbläschen. Eine Scheidung des Genus in verschiedenen Arten läßt sich einstweilen nicht durchführen.

Unterfamilie Stringophyllinae Wdkd.

Die Stringophyllinae sind durch die streng konkaven Böden gekennzeichnet, die in Systemen derartig angeordnet sind, daß einzelne Böden (Hauptböden) tief konkav, die übrigen jeweils folgenden in größerer Zahl vorhanden, weniger konkav sind und sich in die tief-konkaven Hauptböden einfügen. Die Septen sind vollständig und symmetrisch angeordnet oder rückgebildet, der Kelch ist becherförmig gestaltet.

Die Stringophyllinae gliedern sich in einen Hauptstamm und

mehrere Seitenstämme, welche dem Hauptstamm gegenüber durch Rückbildung der Septen an der Außenwand ausgezeichnet sind.

1. Die Stringophyllinae setzen in der Quadrigeminus-Zone mit *Stringophyllum* ein. Die Septen sind vollständig, nicht rückgebildet. Die Böden sind breit und auch in den auf- resp. absteigenden Teilen der Hauptböden nicht in Blasengewebe aufgelöst. Nur an der Außenwand ist interseptales Blasengewebe vorhanden.
2. Die unvollkommene Auflösung der Böden in interseptales Blasengewebe läßt aus Stringophyllum *Grypophyllum* hervorgehen. Während der zentrale Teil der Böden noch ausgesprochene Bödennatur zeigt, zentrales Blasengewebe fehlt also, sind die absteigenden Schenkel der Böden in Interseptallamellen aufgelöst. Die Septen des untersuchten Materials sind teils vollständig oder zeigen beginnende Rückbildung an der Außenwand infolge Auftreten von Randblasen.
3. Vollständige Auflösung der Böden in Blasengewebe läßt endlich das jüngste Glied des Hauptstammes, das Genus *Neostringophyllum* hervorgehen, bei dem die Septen vollständig und auch der zentrale Teil der Böden in Blasengewebe aufgelöst ist.

Von den Seitenstämmen, die an diese drei Genera anschließen, konnten bisher nur die älteren an Stingophyllum anschließenden genauer untersucht werden. Den gleichen Bau wie Stringophyllum, aber die Außenwand infolge des Auftretens eines geschlossenen Ringes von Randblasen nicht erreichende Septen besitzt Neospongophyllum, zu dem vermutlich noch ein weiteres Genus hinzuzufügen sein wird.

Die Stringophyllinae sind unter den Korallen die wichtigsten Leitformen des oberen Mitteldevons. Bisher haben die Aufsammlungen eine große Mannigfaltigkeit von Formen ergeben, über die hier eine vorläufige Uebersicht versucht werden soll.

Genus Stringophyllum Wdkd.

Die Gattung ist durch folgende Punkte charakterisiert:

1. Kelch becherförmig, an der Basis mit einer Quergrube.
2. Längsschnitt: Randzone wird aus mehreren Reihen von Interseptallamellen und Interseptalblasen von verschiedener Größe aufgebaut. Die Hauptböden sind tief konkav mit lang absteigenden Schenkeln, sie sind assymetrisch. Die Nebenböden sind ebenfalls konkav, lehnen sich aber an die aufsteigenden Schenkel der Hauptböden an. Die zentrale Quergrube des Kelches ruft eine dornförmige Ausbiegung aller Böden hervor.
3. Querschnitt: Die Septen sind fiederförmig gestellt. Die Septen erster Ordnung erreichen immer die Außenwand, die Septen zweiter Ordnung sind ± stark rückgebildet und können sogar ganz fehlen. Die Schnitte der Interseptallamellen stellen, wo Septen zweiter Ordnung erhalten sind, einfache gegen das

Zentrum konkave Querlinien dar. Fallen diese jedoch aus, so entwickeln sich Interseptalblasen, deren Schnittlinien sich im Querschnitt schneiden.

Vorkommen: Basisschichten des oberen Mitteldevons.

Von den verschiedenen mir bisher vorliegenden Stringophyllen führe ich hier vor allen Dingen drei Arten an. Im Querschliff sind diese drei Arten leicht von einander zu unterscheiden: 1. Stringophyllum primordiale hat immer einen geringen Durchmesser, fehlende Septen zweiter Ordnung und kein falsches Säulchen, 2. bei Stringophyllum normale sind Septen zweiter Ordnung immer vorhanden, ein falsches Säulchen fehlt, während 3. bei Stringophyllum difficile Septen zweiter Ordnung und ein falsches Säulchen vorhanden sind.

1. *Stringophyllum normale* n. sp. Diese vorzüglich erhaltene Koralle liegt mir in zahlreichen Formen von Sundwig und Hand bei Bergisch-Gladbach vor. Zur genaueren in der Zukunft noch zu ergänzenden Untersuchung wurden genau orientierte zentrale Längsschliffe quer und parallel der Quergrube hergestellt. Ein senkrecht zur Quergrube geführter Schnitt ist in Fig. 6 dargestellt. Das System der Haupt- und Nebenböden ist bereits zur vollen Entwicklung gelangt. Die Quergrube tritt als eine Uebertiefung der Böden hervor. Parallel zur Quergrube geführte Schliffe können naturgemäß diese dornartige Ausbiegung nicht zeigen. Alle bisher hergestellten Querschliffe zeigen die vollkommene Ausbildung der Septen erster Ordnung. Ihre fiederförmige Stellung tritt deutlich hervor. Sie reichen bis zur Zentralzone, ohne in derselben ein falsches Säulchen zu bilden. Die Septen zweiter Ordnung sind in ihrem Verlaufe vielfach unterbrochen. Die Schnitte des interseptalen Blasengewebes und der Böden (zentrales Blasengewebe fehlt!) stellen einfache oder sich kreuzende Linien dar.

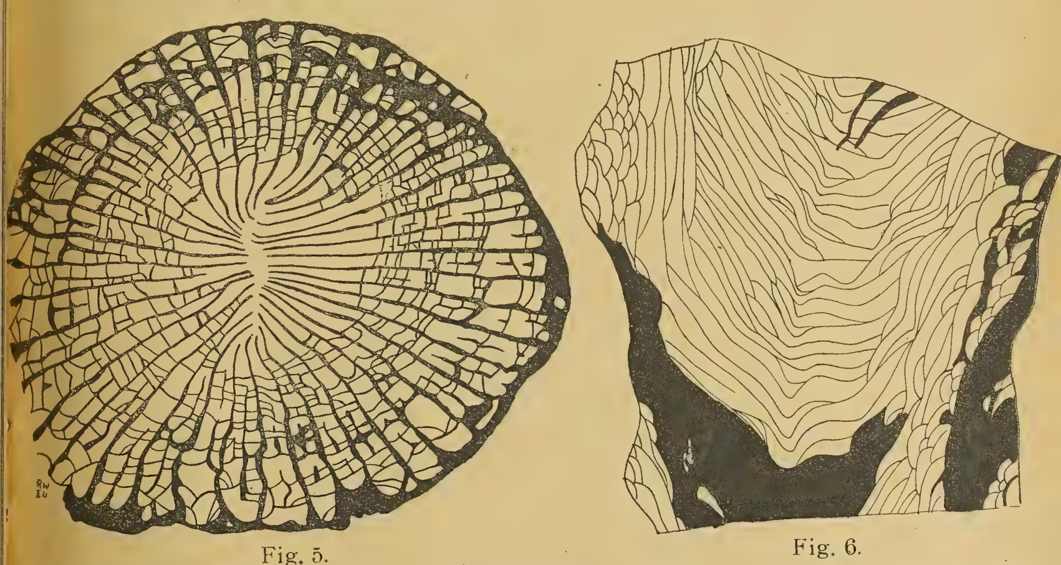


Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 5, 6. *Stringophyllum normale Wdkd.* Stringocephalenkalk von Sundwig. Fig. 5 3×, Fig. 6 2×.

2. *Stringophyllum primordiale n. sp.* wurde bisher bei Hand (Berg.-Gladbach) gefunden. Ein Längsschliff ließ sofort erkennen, daß es sich um einen Vertreter der Stringophyllen handelt. Die Böden sind tief konkav. Ihre Scheidung in Haupt- und Nebenböden ist noch unvollkommen, tritt aber bereits an mehreren Stellen deutlich hervor. Die Randzone des interseptalen Blasengewebes ist dagegen sehr schmal. Blasen verschiedener Größe sind vorhanden, die durch Stereoplasma verdickt sind.

Auffallend ist auch der Querschnitt, der nur Septen erster Ordnung zeigt. Septen zweiter Ordnung treten nur ganz vereinzelt auf. Die Anordnung der Septen ist die gleiche wie bei Stringophyllum. Gegen das Zentrum sind die Septen erster Ordnung knotenförmig verdickt und auch wohl in Knoten aufgelöst, denen im Längsschnitt quergestellte Linien entsprechen.

Fig. 7. *Stringophyllum primordiale Wdkd.* Hand bei Berg.-Gladbach. $2^1/_2 \times$.

3. *Stringophyllum difficile* n. sp. stammt ebenfalls aus den Quadrigeminus-Schichten von Hand. Die Art ist im Querschnitt leicht kenntlich, da die Septen erster Ordnung in das Zentrum eintreten und hier zu einem falschen Säulchen zusammengedreht sind. Die Septen zweiter Ordnung nehmen am Bau dieses falschen Säulchens keinen Anteil. Sie sind sehr unvollkommen entwickelt. Das interseptale Blasengewebe hat einen mannigfaltigen Bau. Entweder bildet es zwischen den Septen einfache konkave (Interseptallamellen), oder schräggestellte und sich kreuzende Schnittlinien, dann handelt es sich um Interseptalblasen. Ganz vereinzelt erscheinen an der Außenwand auch wohl Randblasen, die aber nie eine geschlossene septenfreie äußere Randzone bilden. Die Längsschnitte zeigen den typischen Stringophyllumbau.



Fig. 8. *Stringophyllum difficile Wdkd.* Hand bei Berg.-Gladbach. $2 \times$.

Genus Neospongophyllum Wdkd.

An Stringophyllum schließen eine Reihe von Formen an, die von Stringophyllum durch das Auftreten und Vorherrschen von Randblasen verschieden sind, die die Septen an der Außenwand vollkommen verdrängen, wie das auch bei Spongophyllum und Neostringophyllum der Fall ist. Die echten Spongophyllen sind älter als die Quadrigeminuszone, während die Neospongophyllen sich

in der Quadrigeminuszone und vielleicht, was mir aber sehr unwahrscheinlich ist, auch noch in den höheren Schichten finden. Die jüngeren Spongophyllen unterscheiden sich von den echten und älteren Spongophyllen dadurch, daß bei jüngeren Spongophyllen die Böden tief-konkav und in Systemen angeordnet sind, was bei den echten Spongophyllen nicht der Fall ist.

Innerhalb der jüngeren Spongophyllen sind zunächst zwei Gruppen von Formen zu unterscheiden. Die eine Gruppe habe ich bisher nur in der Quadrigeminuszone angetroffen. Auf diese soll der Name Neospongophyllum beschränkt sein. Sie haben nur Septen erster Ordnung und nur ausnahmsweise sehr spärliche Reste von Septen zweiter Ordnung und meist eine vollständige innere Mauer. Diese Formengruppe schließt unmittelbar an Stringophyllum primordiale an. Jünger ist die zweite Formengruppe (Gruppe des „Spongophyllum bücheliense“ Schlüter), die hier einstweilen anhangsweise an Neospongophyllum angeschlossen werden soll. Die Arten dieser jüngeren Gruppe, die in einer anderen Arbeit behandelt werden sollen, besitzen immer Septen zweiter Ordnung und eine innere Mauer. Ihr Bau ist noch genauer zu untersuchen.

1. Kelch becherförmig.
2. Längsschnitt: Randzone immer aus spärlichem interseptalem Blasengewebe aufgebaut, das durch Randblasen ersetzt wird. Rand- resp. Interseptalblasengewebe ist meist durch Stereoplasma verdickt. Böden tief-konkav und wohl entwickelt. Aufsteigende Teile nicht in Blasengewebe aufgelöst. Zentrales Blasengewebe fehlt.
3. Querschnitt: Septen ± deutlich symmetrisch zu einer Längsachse angeordnet. Septen zweiter Ordnung vollkommen rückgebildet. Die Schnitte der Interseptallamellen bleiben einfach. Die Septen erster Ordnung sind nur in der Randzone rückgebildet. Hier werden die Interseptallamellen durch Randblasen vollkommen ersetzt, welche durch Stereoplasma in der Regel verdickt sind.

Bisher lassen sich innerhalb der Gattung Neosponophyllum drei Arten scharf auseinanderhalten, die als murale, variabele und crassum bezeichnet werden sollen. Bei Neospongophyllum murale entsteht durch Stereoplasma eine geschlossene innere Mauer und außerdem bleiben die Randblasen klein. Bei Neospongophyllum variabile fehlt eine geschlossene innere Mauer, die Randblasen verschmelzen zu großen langgestreckten Blasen. Neospongophyllum crassum endlich besitzt ebenfalls eine innere Mauer und zahlreiche kleine Randblasen, sehr zahlreiche Septen, welche in der Zentralzone (Querschnitt) ein falsches Säulchen bilden.

1. *Neospongophyllum murale n. sp.* Die Stereoplasmaablagerungen, die diese Art besonders auszeichnen, verdecken z. T. die typischen Charaktere, an denen die Zurechnung dieser Art zu den Stringophyllinae erkannt wird. In Fig. 9, 10 bringe ich einen Schnitt zur Darstellung, bei dem die Stringophyllencharaktere klar zu erkennen sind. Die Böden gliedern sich deutlich in Haupt- und Nebenböden. Die Nebenböden lehnen sich an die absteigenden Schenkel der Hauptböden an. Die Randzone des Schnittes besteht aus Blasenschnitten verschiedener Größe, die durch Stereoplasma verdickt sind. Die Stereoplasmaablagerung folgt einmal der Oberfläche der Blasen bis zur Außenwand und steigt außerdem steil aufwärts, indem sie so eine Innenmauer bildet. Ueber den Charakter des Blasengewebes orientiert am besten der Querschnitt, der zeigt, daß es es sich nicht um Interseptalblasen, sondern um Randblasen handelt, die also von Septen nicht durchschnitten werden.



Fig. 9.



Fig. 10.

Fig. 9, 10. *Neospongophyllum murale Wdkd.* Hand bei Berg.-Gladbach. 3 ×. Man beachte das System konkaver Böden!

Vorkommen: Quadrigeminus-Schichten von Hand bei Bergisch-Gladbach.

2. *Neospongophyllum variabele n. sp.* Nach dem äußeren Habitus stellte ich eine Reihe von Korallenindividuen hierher, die in der Größe etwa dem Spongophyllum torosum gleichen. In allen Längsschliffen tritt sofort der typische Charakter der Stringophyllenböden hervor. Querschliffe zeigen je nach der Schnittlage größere Verschiedenheiten. Stereoplasmaablagerungen sind nicht oder nur spärlich vorhanden und bilden nie eine Innenmauer. In der Nähe der Außenwand sind die Septen rückgebildet, sodaß die Randblasen sich frei entfalten können. Nun treten in einzelnen Schnitten zahlreiche halbkreisförmige Schnittlinien von Randblasen auf, während diese bei anderen Schnittbildern zu langgestreckten, die Außenwand auf eine größere Erstreckung hin begleitenden Blasen verschmelzen, die eine große Ausdehnung erlangen können. Die Septen lösen sich in der Randzone in Knoten auf. Ihre gesamte Anordnung ist eine symmetrische. Sie bleiben auch in der Zentralzone einfach. Schnitte die



Fig. 11. *Neospongophyllum variabile Wdkd.* Ca. 3 ×. Hand bei Berg.-Gladbach.

parallel den Septen gelegt sind, geben ein noch klareres Bild vom Bau der Septen. Die Knoten, in die die Septen im Querschnitt aufgelöst erscheinen, treten nämlich im Längsschnitt als schräggestellte Linien hervor, sodaß also die Septen gegen die Außenwand hin einem schrägliegenden Roste vergleichbar sind.

Vorkommen: Hand bei Bergisch-Gladbach.

3. *Neospongophyllum crassum n. sp.* ist bereits durch größere Dimensionen von den beiden vorhergehenden Arten zu unterscheiden. Im Längsschnitt treten auch hier die Stringophyllencharaktere deutlich hervor, sodaß auch in diesem Falle kein Zweifel daran bestehen kann, daß es sich um kein Spongophyllum handelt. Im Querschnitt unterscheidet sich Neospongophyllum crassum von den beiden anderen Arten dieser Gattung durch die zahlreichen Septen, die in der Zentralzone in eine Reihe von isolierten Punkte aufgelöst sind. Im Längsschnitt erkennt man, daß die Septen dieser Art gegen das Zentrum hin ein schrägstehendes Rost bilden. Die so entstehenden freien Rippen sind mehrfach miteinander verwachsen. Die Septen erreichen die Außenwand nicht. Hier stellen sich zahlreiche halbkreisförmig im Querschnitt hervortretende Randblasen ein, die nicht zu langgestreckten Blasen verschmelzen. Sie sind besonders an der Grenze von Rand und Mittelzone durch Stereoplasma verdickt.



Fig. 12. *Neospongophyllum crassum Wdkd.* Hand bei Bergisch-Gladbach. Etwa 2 ×.

Vorkommen: Hand bei Bergisch-Gladbach.

Genus Grypophyllum Wdkd.

Die Gattung Grypophyllum läßt sich in folgender Weise charakterisieren:

1. Kelch becherförmig, mit zentraler Quergrube.
2. Längsschnitt: Randzone schmal oder breit, aus kleinen, nach der Mitte an Größe zunehmenden Schnitten von Interseptallamellen resp. Interseptalblasen aufgebaut. Die zentrale Zone besteht aus konkaven Böden. Der absteigende Teil der Böden von Stringophyllum ist in interseptales Blasengewebe aufgelöst, sodaß nur an einzelnen Stellen die Gliederung der Böden in Haupt- und Nebenböden noch zu erkennen ist.
3. Querschnitt: Die Septen sind streng radial angeordnet, das interseptale Blasengewebe ist nicht durch Stereoplasma verdickt. Die Septen erreichen die Außenwand, oder sind an der Außenwand unvollkommen zurückgebildet.

Als Typus der Gattung Grypophyllum wähle ich *Grypophyllum Denckmanni n. sp.* aus den Bücheler Schichten von Bergisch-Glad-

bach. Am Kelchrand erreicht diese Koralle einen Durchmesser von 21 mm. Der Längsschliff gibt einen klaren Ueberblick über den Bau dieser Koralle. Der mittlere Teil besteht aus konkaven Böden, die z. T. auch die von Stringophyllum her bekannte, zentrale dornförmige Ausbiegung zeigen, die der zentralen Quergrube entspricht. Die Randzone ist breit und besteht aus zahlreichen (peripheren) interseptalen Blasengewebe, das nach den Böden zu in langgestreckte und schräggestellte Interseptallamellen übergeht (mittleres Blasengewebe). Nur einzelne dieser Lamellen des mittleren Blasengewebes stehen noch im Zusammenhang mit Böden und bilden dann mit diesen die Hauptböden von Stringophyllum. In der Nähe der Außenwand treten ebenfalls abweichende Blasenschnitte auf, die durch ihre Größe auffallen. Wird durch eine derartige Stelle ein Querschnitt gelegt, so erkennt man sofort, daß es sich um Randblasen handelt, an denen die Septen absetzen und somit die Mauer nicht erreichen. An anderen Stellen geführte Querschnitte zeigen dagegen nur vollständige, die Außenwand erreichende Septen. Die Septen sind radial angeordnet, erreichen sämtlich die Zentralzone, die exzentrisch gelegen ist, ein übrigens für Grypophyllum sehr bezeichnendes Merkmal. Septen zweiter Ordnung sind nur teilweise erhalten. Die Schnitte des Blasengewebes zwischen den Septen bilden einfache oder sich schneidende Querlinien.



Fig. 13.

Fig. 13, 14. *Grypophyllum Denckmanni Wdkd.* Bücheler Schichten von Bergisch-Gladbach. Etwa $2^1/_2 \times$.



Fig. 14.

Vorkommen: Bücheler Schichten von Bergisch-Gladbach.

Grypophyllum isactis Frech. Frech hat diese Art als Cyathophyllum isactis gut abgebildet und beschrieben, sodaß hier nur die Gründe zu behandeln sind, auf Grund deren diese Art zu Grypophyllum zu stellen ist. Sie treten in den Bücheler Schichten massenhaft auf. Es handelt sich um zylindrische Formen, die ein caespitosusartiges Gepräge besitzen. Von Grypophyllum Denckmanni unterscheidet sich dadurch, daß nur Septen erster Ordnung und nie Randblasen vorhanden sind. Im Querschnitt treten die Schnittlinien der Interseptallamellen als einfache, meist schräg gestellte Querlinien zwischen den Septen hervor.



Fig. 15.



Fig. 16.

Fig. 15, 16. *Grypophyllum isactis Frech.* Schladetal bei Bergisch-Gladbach.

Erst nach Herstellung zahlreicher Längsschnitte gelang es die systematische Stellung dieser Art zu erkennen. Der Längsschnitt zeigt eine Gliederung in eine Rand- und eine Mittelzone. Die Mittelzone besteht aus deutlich konkaven Böden, die Randzone aus meist langgestreckten und steil gestellten Blasenschnitten. Innerhalb der *Frech*'schen Art sind zwei verschiedene Typen vorhanden. Bei dem einen sind nur zwei oder drei Reihen von Interseptalblasen an der Außenwand vorhanden, bei den anderen dagegen zahlreiche Reihen. Bei dem letzten Typus gehen an der Grenze von Rand und Mittelzone einzelne Blasen auch in dem abgebildeten Querschnitt in die Böden über, wie bei Grypophyllum Denckmanni. Das sind die Hauptböden an die sich die Nebenböden anlehnen. Bei diesem Typus ist die Zahl der Randblasen stark reduziert. Die Böden zeigen aber wenigstens stellenweise noch die Anordnung in Haupt- und Nebenböden.

Vorkommen: Bücheler Schichten von Bergisch - Gladbach b/Hand.

Genus Neostringophyllum Wdkd.

Aus dem oberen Stringocephalenkalk von Düsseltal („oberer Horizont“) beschreibt *Paeckelmann* ein „Cyathophyllum heterophyllum“. Diese Artbezeichnung ist eine Sammlungsbestimmung, die meist, wie auch in diesem Falle, falsch angewandt ist. Ein Längs- und Querschliff ergaben, daß es sich um das jüngste Glied der Stringophyllen, um Neostringophyllum handelt. Trotz der Auflösung der Böden in interseptales und zentrales Blasengewebe tritt die Gliederung in Haupt- und Nebenböden in der Anordnung des Blasengewebes noch klar hervor, sodaß die Einordnung dieser Gattung in die Stringophyllen gesichert ist.



Fig. 17. Fig. 18.

Fig. 17, 18. *Neostringophyllum ultimum Wdkd.*

Auf Grund des bisher vorliegenden Materiales läßt sich die Gattung in der folgenden Weise charakterisieren:

1. Kelch becherförmig. Quergrube fehlt (?).
2. Längsschliff: Er zerfällt in eine Rand- und Zentralzone. Die Randzone besteht aus zahlreichen Schnitten ungleichgroßer Interseptalblasen, die steil gestellt sind. Die Zentralzone zeigt flacher gestellte und kleinere Blasenschnitte (zentrales Blasengewebe!). In der Uebergangszone beider Zonen sind steilgestellte und langgestreckte Blasenschnitte vorhanden, die dem abfallenden Bodenschenkel der Stringophyllum-Böden entsprechen (= mittleres Blasengewebe).
3. Querschnitt: Er zeigt radial angeordnete Septen 1. u. 2. Ordnung, die sämtlich die Außenwand erreichen.

Typus: Neostringophyllum ultimum *Wdkd.*

Die hierhergehörigen Arten können erst nach Vervollständigung des Materiales beschrieben werden.

E. Vollbrecht:

Über den Bau von Cosmophyllum nov. gen.

Die vorliegende Arbeit ist ein Ergebnis meiner Untersuchungen über den Bau der devonischen rugosen Korallen, insbesondere des Formenkreises um Campophyllum, welche ich auf Anregung des Herrn Prof. Dr. *Wedekind* z. Zt. im geologisch-paläontologischen Institut in Marburg ausführe.

Herrn Prof. *Wedekind* bin ich für das rege Interesse und die stete Förderung, die er meiner Untersuchung entgegenbrachte, zu großem Dank verpflichtet.

Die Untersuchung der Campophyllidae hat ergeben, daß von dem Genus Mesophyllum *Schlueter* ein Formenkreis abzutrennen ist. Es handelt sich um Korallen von bedeutender Größe mit eigenartiger Gestaltung der Kelchgrube und höchst differenziertem Quer- und Längsschliff. Um zu einem Verständnis der Morphologie dieser Korallen zu gelangen, mußte eine eingehende Untersuchung einsetzen. Dabei hat sich herausgestellt, daß die untersuchte Formengruppe sämtliche Bauelemente besitzt, welche überhaupt bei den devonischen rugosen Korallen vorkommen können. Ihre Kenntnis dürfte also grundlegend sein für die Untersuchung der Campophyllidae.

Die neue Gattung ist von mir mit dem Namen Cosmophyllum belegt worden. Auf ihre Abgrenzung und Benennung werde ich in einer späteren Arbeit zurückkommen. Das Material stammt aus der Umgegend von Gerolstein und gehört zeitlich ins mittlere Mitteldevon, wenn die Gliederung des Mitteldevons auf Grund von Korallen im Sinne von Herrn Professor *Wedekind* erfolgt.

Die morphologischen Elemente des Korallenskelettes.

Der äußere Bau der rugosen Korallen ist auffallend einförmig. Die Grundformen des Skelettes sind Kegel und Cylinder. Das Skelett gliedert sich in

Kelch und
Stamm.

Drei morphologische Elemente liegen dem Korallenbau zu Grunde:

1. Das tangentiale Element.
   Es bedingt die äußere Gestalt des Korallenskelettes und wird als äußere Wand oder Theca bezeichnet. Der von der Theca umschlossene Raum wird am oberen Ende der Koralle durch die Kelchgrube abgeschlossen.

2. Das vertikale Element.
   Von der Theca strahlen — senkrecht zu ihr gestellt — radiär angeordnete, vertikale Wände aus, die Längsscheidewände oder Septen, sie repräsentieren das verticale Element. Durch die Septen wird der von der Theca umschlossene Raum in eine Anzahl nebeneinanderliegender, vertical gestellter Kammern geteilt, die Interseptalräume.
3. das horizontale Element.
   Horizontale Kalklamellen gliedern die Interseptalräume in übereinanderliegende Fächer. Die Gesamtheit der horizontalen Kalklamellen sämtlicher Interseptalräume, welche nahezu in einer Ebene liegen, wird als Boden bezeichnet. Die Böden repräsentieren das horizontale Element. Sie stellen keine kontinuierlichen Lamellen dar, insofern, als sie von Septen durchsetzt werden.

Die morphologischen Elemente des Skelettes können modifiziert werden; durch diesen Prozeß werden neue Bauelemente in den Bauplan des Tieres eingeführt. Die Umwandlung betrifft die Septen und Böden:

1. Die Septen.
   Die Septen werden auf mannigfache Weise rückgebildet. Aus kontinuierlich verlaufenden Septen werden diskontinuierliche Septen. Die Rückbildung kann zu vollständiger Reduktion führen. Mit der Rückbildung ist das Entstehen neuer Bauelemente verknüpft.
   Andererseits können die Seitenflächen der Septen verschiedenartige Auswüchse zeigen, durch welche auch neue Elemente in den Bauplan des Tieres eingeführt werden.
2. Die Böden.
   Sie verlieren den ursprünglichen Charakter nahezu horizontaler leicht wellig gebogener Flächen; sie lösen sich in einzelne Lamellen auf. Die Lamellen können die horizontale Anordnung aufgeben und eine schräge bis steile Stellung gewinnen. Der Auflösungsprozeß beginnt peripher und schreitet gegen das Zentrum vor. Durch diese Modifikation der Böden entstehen Gebilde, die bisher in der Literatur — wohl infolge ihres Längsschnittbildes — als „Blasen" bezeichnet worden sind. Die „Blasen" sind also Umwandlungsprodukte der Böden. Es sind folgende Phasen in der Bödenentwicklung möglich:
   1. die Böden sind vollkommen entwickelt.
   2. Peripheres Blasengewebe umschließt eine zentrale Bödenzone.
   3. Die Böden sind vollkommen in „Blasen" aufgelöst.

Wie treten die morphologischen Elemente des Korallenskelettes, bezw. ihre Umwandlungsprodukte im Quer- und Längsschnitt einer Koralle in Erscheinung?

Beispiel: Campophyllum sp.
Hierzu Fig. 1 und 2.

1. Die Theca.
   Die Theca erscheint an den nicht angewitterten Stellen im Quer- und Längsschnitt als die äußere Begrenzung des Schliffes.
2. Die Septen.
   Die radial angeordneten kontinuierlich verlaufenden Linien im Querschnitt sind die Septenquerschnitte. Sie erreichen das Zentrum und sind hier ein wenig umeinander gedreht; infolgedessen trifft auch der zentrale Längsschnitt hier und da die Septen, sie erscheinen dann als vertikale, einander parallel verlaufende Linien. Campophyllum sp. zeigt stellenweise den Beginn der Septenrückbildung.
3. Die Böden.
   Sie sind bei Campophyllum sp. modifiziert: Peripheres Blasen-

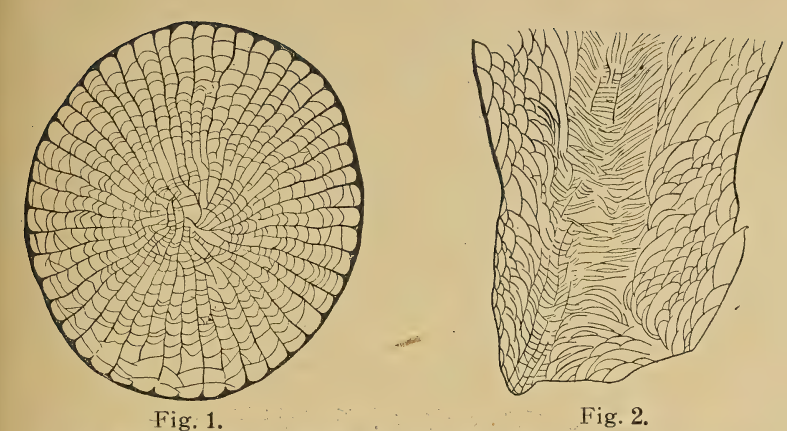

Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1 u. 2. *Campophyllum sp.* - Crinoidenschichten, Gerolstein. Querschnitt und Längsschnitt.

gewebe umschließt eine zentrale Bödenzone. Der zentrale Längsschnitt zeigt zentrale Böden — enggedrängt und konkav, etwa ⅓ vom Durchmesser des Skelettes einnehmend — und peripheres Blasengewebe, dessen Elemente ihre konvexe Seite dem Zentrum der Koralle zuwenden.

Im Querschnitt erscheinen zwischen je zwei Septen schwach gebogene Linien, deren konvexe Seite nach außen gerichtet ist — das sind die Querschnitte der Elemente des peripheren Blasengewebes und der zentralen Böden: Aus der Kombination von Quer- und Längsschnittbild ergibt sich, daß die Elemente des peripheren Blasengewebes steil gestellte, gewölbte Lamellen sind, die in der Mediane der Wölbung eingedellt sind — die Wölbung ruft den blasenartigen Schnitt im Längsschnitt hervor, die Eindellung den nach der Peripherie gerichteten konvexen Bogen im Querschnitt. Durch Auflösung der peripheren Zone der ursprünglich vollkommen entwickelten Böden ist ein neues Bauelement entstanden. Ich bezeichne diese zwischen je zwei Septen ausgespannten Gebilde, die durch Auflösung der peripheren Zone der ursprünglich vollkommen entwickelten Böden entstanden sind, als Interseptallamellen.

Die enggedrängten konkaven Böden werden im Querschnitt konzentrische Ringe hervorrufen; da aber die Septen bis zum Zentrum vorstoßen, werden die Böden von Septen durchsetzt, mithin auch die Querschnittbilder der Böden, die konzentrischen Kreise. Peripheres Blasengewebe und zentrale Bödenzone liefern also im Querschnitt das gleiche Bild.

Ergebnis: Die morphologischen Elemente des Korallenskelettes sind: 1. Theca, 2. Septen, 3. Böden.

Septen und Böden können Modifikationen erleiden, durch welche neue Elemente in den Bauplan des Tieres eingeführt werden. Solche durch Modifikation aus einem ursprünglichen Element hervorgegangene sekundäre Bauelemente sind die Interseptallamellen.

Der Bau von Cosmophyllum.

I. Aeußerer Bau.

Die Gattung umfaßt große Korallen von kegelförmiger bis zylindrischer

Gestalt. Meiner Mitteilung liegt ein unvollständiges Exemplar aus dem mittleren Mitteldevon von Gerolstein zu Grunde. Seine Höhe beträgt 135 mm; es ist in seiner ganzen Länge von gleichem Durchmesser ca. 90 mm. — Das Exemplar ist stark angewittert, die Theca ist nicht erhalten. Infolgedessen sind die peripheren Bauelemente der Koralle sichtbar.

Vertikale Längsreihen von gewölbten Kalkblättern — die Wölbung ist der Kelchgrube zugewandt —, unterbrochen von horizontalen, leistenartigen Gebilden, verleihen dem angewitterten Korallenstamm ein charakteristisches Gepräge (vgl. Fig. 10). Werden die Längsreihen aufwärts bis zur Kelchgrube verfolgt, dann zeigt sich, daß sie in Septenrichtung angeordnet sind. Der Kelch ist z. T. stark angewittert und zeigt anormale Wachstumserscheinungen. Eine genaue Beschreibung ist darum nicht möglich. Es läßt sich aber einwandfrei feststellen, daß der normal gebaute Kelch scharfrandig und trichterförmig sein würde. In der Kelchgrube lassen sich zwei Zonen unterscheiden; eine eigenartig gestaltete periphere Zone umschließt eine Septenzone, in welcher die leicht wellig gebogenen Septen an ihrem scharfen, oberen Rande deutlich zu erkennen sind. Infolge der anormalen Ausbildung der Kelchgrube ist der Verlauf der Septen nicht zu verfolgen, und die Ausbildung des Zentrums der Koralle ist nicht festzustellen. In der peripheren Zone fehlen die Septen; in der Richtung der Septen und senkrecht zu ihnen gestellt erscheinen leistenartige Gebilde, etwa 6—8, ich bezeichne sie einstweilen als „Querriegel". Sie legen einen Vergleich mit den leistenartigen Gebilden des angewitterten Stammes nahe. Am Kelchrand treffen die Querriegel der Kelchgrube mit den vertikalen Längsreihen gewölbter Kalkblätter bezw. den horizontalen leistenartigen Gebilden des Korallenstammes zusammen.

II. Innerer Bau.

(festgestellt an Hand von Dünnschliffen).

Den Zeichnungen der Dünnschliffe dienten als Unterlage vergrößerte Photographieen der Dünnschliffe. Im Interesse der Klarheit habe ich das Stereoplasma, das die Bauelemente begleitet und besonders in der peripheren Zone stark auftritt, nicht zur Darstellung gebracht.

Querschnitt. (Hierzu Fig. 3 u. 4.)

Blasengewebe im Zentrum — Fig. 4 S.—Z. — und zwischen den Septen — Fig. 4 S.—S. — weist darauf hin, daß das horizontale Element vollkommen modifiziert ist; auch die Septen unterliegen der Umwandlung, sie werden aufgelöst. Der Prozeß beginnt an der Peripherie und schreitet gegen das Zentrum vor. Eine kompliziert gebaute periphere Zone — Fig. 4 P.—S. — schließt sich an die Septenzone — Fig. 4 S.—S. an.

Die Elemente des Querschnittes.

a) Die Septen.

Es sind Septen erster und zweiter Ordnung vorhanden, die, wie allgemein bei den rugosen Korallen, alternierend angeordnet sind. Nur dann, wenn ein durch zwei Septen 1. O. gebildeter Interseptalraum sehr groß ist, folgen in ihm zwei Septen 2. O. unmittelbar aufeinander. Die Septen sind relativ dick und zeigen leichtwelligen Verlauf. Sie scheinen aus drei Lagen zusammengesetzt zu sein: eine hellere Mittelzone wird von dunkleren Seitenzonen umschlossen.

Strukturlose Kalkmasse — Steroplasma — begleitet in unregelmäßigem Verlauf die Septen. Weder das Zentrum noch die Peripherie wird erreicht: die Septen sind unvollkommen und in starker Rückbildung begriffen. Durch Abspaltung radial gestellter Gebilde — Fig. 4 A. Bl. — wird Septenmaterial verbraucht, die Septen zerfasern und zersplittern an den durch die Abspaltung hervorgerufenen Schwächezonen. Die ungleichmäßige Entwicklung der Septen — bald sind sie spindelförmig angeschwollen, bald bezeichnet eine dünne Linie ihren Verlauf — ist eine Folge der Zerspaltung der Septen. Septenrückstände in der peripheren Zone und starke Entwicklung der Septen am proximalen Ende weist darauf hin, daß der Auflösungsprozeß peripher beginnt.

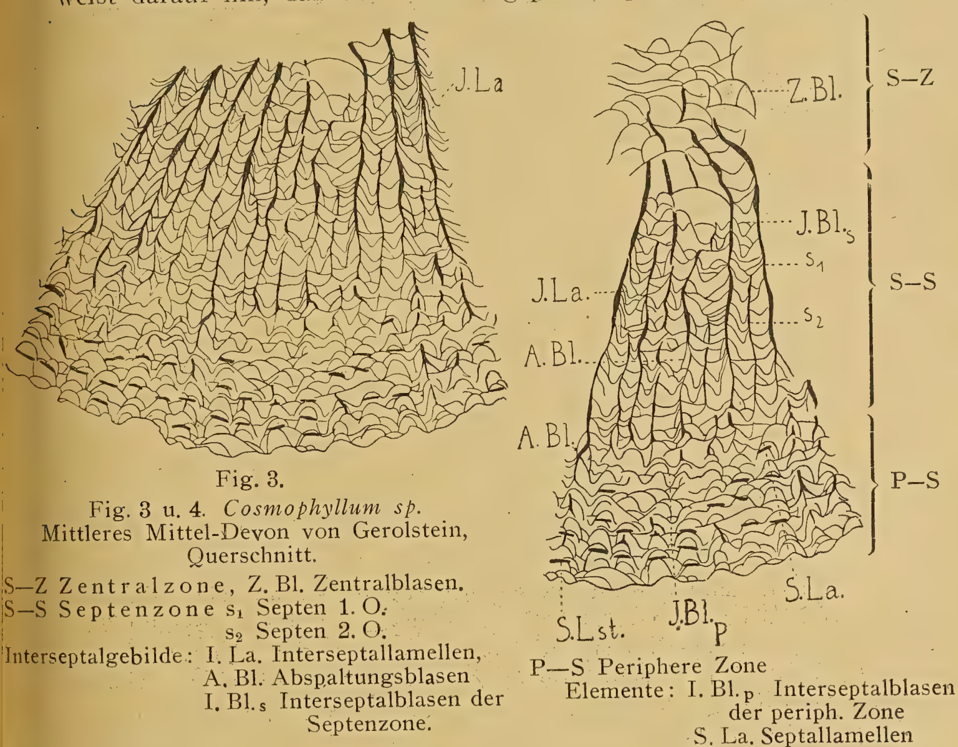


Fig. 3.

Fig. 3 u. 4. *Cosmophyllum sp.* Mittleres Mittel-Devon von Gerolstein, Querschnitt.

S—Z Zentralzone, Z. Bl. Zentralblasen.
S—S Septenzone s_1 Septen 1. O.
s_2 Septen 2. O.
Interseptalgebilde: I. La. Interseptallamellen,
A. Bl. Abspaltungsblasen
I. Bl.$_s$ Interseptalblasen der Septenzone.

P—S Periphere Zone
Elemente: I. Bl.$_p$ Interseptalblasen der periph. Zone
S. La. Septallamellen
S. Lst. Septalleisten

b) Das Blasengewebe.

(Blasengewebe der Zentralzone.) Fig. 4 S.—Z.

Etwa 15 mm vom Durchmesser der Koralle entfällt auf die Zentralzone; sie setzt sich aus großmaschigem Blasengewebe und wellig-gebogenen Linien zusammen. Wenn die Septen unvoll-

kommen sind, d. h. das Zentrum nicht erreichen, wie das für Cosmophyllum sp. zutrifft, wird bei völliger Auflösung der Böden in Blasengewebe der zentrale Teil der Koralle von einem mehr vor weniger großmaschigen Blasengewebe erfüllt. Die Elemente dieses Blasengewebes — gleicher Herkunft wie die Interseptallamellen — bezeichne ich als Zentralblasen — Fig. 4 Z. Bl. (vgl. S. 19) —.

(Blasengewebe der Septenzone.) Fig. 4 S.—S.

Die Interseptallamellen — I. La. — sind z. T. nur leicht gebogen, andere sind stark konkav. Die Schenkel dieser Lamellen setzen dann unter sehr spitzem Winkel an die Septen an, zuweilen verlaufen sie eine Strecke weit den Septen nahezu parallel (Fig. 3 I. La.), dadurch wird Abspaltung der Septen vorgetäuscht.

Von den Interseptallamellen — konvexe Seite nach außen — sind Interseptalgebilde zu trennen, die ihre konvexe Seite dem Zentrum der Koralle zugekehrt haben. Ihre Schenkel liegen häufig den Interseptallamellen auf. Sie sind relativ selten. (Fig. 4 J. Bl. s).

Zu diesen Interseptalgebilden treten noch die radialgestellten Abspaltungsprodukte der Septen (Fig. 4 A. Bl.).

Lokal auftretende vollständige Reduktion von Septenabschnitten kann zur Verschmelzung der Interseptalgebilde benachbarter Interseptalräume zu wellig gebogenen Lamellen führen. Die gleichen Verhältnisse sind am distalen Septenende zu beobachten: die Abspaltungsprodukte benachbarter Septen verschmelzen miteinander.

(Blasengewebe der peripheren Zone.)
Fig. 4 P.—S.

Auf die periphere Zone entfällt 28 mm vom Durchmesser der Koralle. Sie setzt sich aus mehr oder weniger stark gebogenen Linien zusammen, deren konvexe Seite dem Zentrum der Koralle zugekehrt ist. Wenn man sich die Septen bis zur Peripherie laufend denkt, dann kommt einige Ordnung in das anscheinend wirre Blasengewebe: ein Teil der Blasen — Fig. 4 S. La. — setzt in der Richtung der Septen fort, hier und da betonen Septenrückstände — Dornen und kurze Septenstücke — noch den Verlauf der Septen. Die Anordnung, der gelegentlich Konnex mit Septenrückständen läßt vermuten, daß diese Blasen in irgend welchem Zusammenhang mit den Septen stehen.

Die Elemente zwischen zwei solchen Blasenzonen — Fig. 4 J. Bl. p. — würden den Interseptalgebilden der Septenzone — Fig. 4 J. Bl. s — zu vergleichen sein und zwar jenen, die auch die konvexe Seite dem Zentrum der Koralle zukehren.

Bei aufmerksamer Betrachtung werden auch noch Gebilde erkannt, die einen Vergleich mit den Querriegeln der Kelchgrube nahe

legen (vgl. S. 20). Es sind leistenartige Gebilde, die rechtwinklig zum Septum gestellt und in der Richtung der Septen radiär angeordnet sind, hier und da das Blasengewebe durchkreuzen und zuweilen Septenrückstände tragen.

Strukturlose Kalkmasse umlagert alle Elemente der peripheren Zone und läßt sie nicht klar hervortreten, das Erkennen und die Deutung der Elemente ist dadurch erschwert.

Eine klare Erkenntnis der Morphologie der Elemente aller bisher im Querschnitt erkannten Gebilde ist nur auf Grund von Schliffen möglich, die die Koralle bezw. ihre Bauelemente in verschiedener Schnittlage durchsetzen. Durch Kombination der Schliffbilder wird die Morphologie der Elemente und damit der innere Bau der Koralle zu erschließen sein.

Als Resultat der Querschnittuntersuchung fasse ich zusammen:

Das Skelett von Cosmophyllum gliedert sich in drei Zonen:

1. Zentralzone,
2. Septenzone,
3. Periphere Zone.

Die Koralle wird aufgebaut

1. von Septen, die in starker Rückbildung begriffen sind,
2. von Blasengewebe, es tritt in allen drei Zonen auf und besteht aus
   a) Zentralblasen,
   b) Interseptalgebilden (es scheinen drei Typen vorzuliegen).

Ueber die Natur zweier Bauelemente in der peripheren Zone der Koralle läßt sich auf Grund der Querschnittuntersuchung noch nichts Positives aussagen, ihre Anordnung und der stellenweise Konnex mit Septalresten läßt vermuten, daß sie in irgend einer Beziehung zu den Septen stehen.

Zentraler Längsschnitt. (Hierzu Fig. 5 u. 6.)

Ein idealer zentraler Längsschnitt trifft zwei einander gegenüberliegende Interseptalräume. Da die Septen bei Cosmophyllum sp. nicht geradlinig verlaufen, sondern leicht wellig gebogene, vertikale Wände sind, kann auch der zentrale Längsschnitt das Septum treffen: er kann es durchschneiden, das Septum erscheint dann im Schliff als vertikale Linie, oder flächenhaft treffen, eine milchige Fläche bezeichnet das gestreifte Septum.

Die Beobachtung der Schleiffläche während der Anfertigung des zentralen Längsschnittes ergibt, daß zuweilen die ganze Schleiffläche mit Blasengewebe bedeckt ist — Fig. 5 —. Alle Blasen kehren die konvexe Seite dem Zentrum zu. Die Größe der Blasen ist verschieden, sie nimmt im allgemeinen mit der Annäherung an das Zentrum der Koralle zu. Beim Weiterschleifen tritt in der peripheren Zone das Blasengewebe zurück — Fig. 6 —: parallele, unter einem Winkel von etwa 45° von der Theca aufsteigende Linien erscheinen auf der Schleiffläche. Sie verlaufen kontinuierlich und sind in gleichmäßigen Abständen von einander



Fig. 5. *Cosmophyllum sp.* Centraler Längsschnitt, der Interseptalraum ist in der Mediane getroffen. Die Blasen sind die Längsschnitte der Interseptalgebilde, *s* das gestreifte Septum. *S.-Lst.* Septalleiste.

angeordnet. Sie werden untereinander verbunden durch schwach gebogene Linien, konvexe Seite nach außen, deren Axe im Durchschnitt etwa senkrecht zu den parallelen Linien steht. Diese Gebilde sind im Durchschnitt kleiner als die Elemente des Blasengewebes. Die Untersuchung eines angeschliffenen Korallenbruchstückes mit Kelch ergibt, daß immer dann, wenn der Interseptalraum in der Mediane getroffen wird, die Schleiffläche vollständig mit Blasengewebe bedeckt ist; trifft der zentrale Längsschnitt in der Nähe des Septums vorbei, dann erscheinen in dem peripheren Teil die parallelen Linien. Es gelang mir durch vorsichtige Präparation ein Septum zu isolieren, das auf der einen Seite nur Blasengewebe trägt, auf der anderen Seite erscheinen in der peripheren Zone die schräg aufsteigenden, parallelen Linien.



Fig. 6. *Cosmophyllum sp.* Der zentrale Längsschliff trifft den Interseptalraum in der Nähe des Septums. *s* gestreiftes Septum. *S. Lst.* Septalleisten. *S. La.* „Verbindungslamellen“ = Septallamellen

Werden die Linien bis in die Kelchgrube verfolgt, dann zeigt sich deutlich der Zusammenhang mit den „Querriegeln“ der Kelchgrube, von jenen aber ist zu betonen, daß sie rechtwinklig zum Septum gestellt, in der Richtung der Septen radiär angeordnet die periphere Zone der Kelchgrube bilden (vgl. S. 20). Auch ihre

Aehnlichkeit mit den leistenartigen Gebilden im peripheren Teil des Querschnittbildes sei an dieser Stelle noch einmal erwähnt (vgl. Fig. 4 S. 23).

Aus dieser Beobachtung geht hervor, daß die parallelen Linien Längsschnitte von Leisten sind, deren Breite durch die Querriegel der Kelchgrube gegeben ist, die das proximale Ende der Leisten bedeuten. Aus der Richtung und der Natur der Querriegel erhellt, daß die Leisten mehr oder weniger ebene Flächen sind, die unter einem Winkel von ca. 45 ° von der Theca aufsteigen und in Längszonen, die der Septenrichtung entsprechen, angeordnet, den peripheren, septenfreien Teil der Koralle durchsetzen. Die Fläche der Leisten ist vertikal zur Septenfläche gestellt. Figur 5 zeigt einen zentralen Längsschnitt, der den Raum zwischen je zwei Längszonen von Leisten in der peripheren Zone in der Mediane schneidet; er liegt in der Richtung des Interseptalraumes der Septenzone. Ich bezeichne ihn als Interseptalraum der peripheren Zone. Er ist mit Blasengewebe erfüllt. Aus dem auffallend schnellen Verschwinden des Blasengewebes schließe ich, daß er sehr schmal ist. Die Interseptalgebilde der peripheren Zone sind infolgedessen in ihrer Entwicklung gehemmt.

Daß die leistenartigen Gebilde des Querschnittes Schnitte der parallelen Linien sind, ist fraglos (vgl. Fig. 4 S. 23). Eine horizontale Linie durch das Längsschnittbild gezogen gedacht, erläutert die Verhältnisse (vgl. Fig. 6). 6 bis 8 Leisten werden etwa im Querschnitt getroffen. Infolge der Anreicherung von strukturlosem Kalk in der peripheren Zone ist ihre Identifizierung im Querschnitt erschwert.

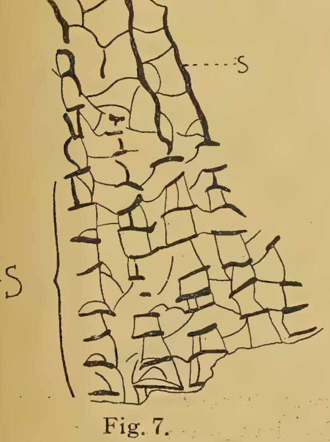


Fig. 7.

Als Ergänzung kann ein die Kelchgrube tangierenden Schliff dienen (Hierzu Fig. 7). Bei dieser Schnittlage werden die Septen und die Querriegel der Kelchgrube getroffen. In letzteren ist das proximale Ende der Leisten erkannt worden. Die zu erwartende Anzahl der Leistenschnitte — 6 bis 8 — trifft hier zu.

Fig. 7. *Cosmophyllum.* Der Schliff tangiert den peripheren Teil der Kelchgrube. *s* Septen. P—S Periphere Zone mit den „Querriegeln", d. h. den proximalen Enden der Leisten, die die periphere, septenfreie Zone der Coralle durchsetzen.

Im paläontologischen Anhang der Abhandlung über das Mitteldevon der

Hillesheimer Mulde schreibt *Eugen Schulz* in der Charakterisierung von Actinocystis laevis folgendermaßen: „Zu erwähnen ist bei Actinocystis laevis eine Erscheinung, die der ganzen Gattung eigentümlich ist; es zeigen sich nämlich zuweilen auf dem Längsschnitt in der Nähe der Peripherie, nie aber tiefer im Zentrum der Koralle, Gruppen von parallelen Streifen oder Linien, die ähnlich wie bei Heliophyllum nach innen zu steil aufsteigen. Es ist diese Erscheinung zurückzuführen auf die in der Nähe der Peripherie eintretende Zerspaltung der Septen. Ein Längsschnitt in der Nähe des Septums wird die Abzweigungen der Reihe nach durchschneiden."

Ich kann mich der Auffassung von *Schulz* auf Grund meiner Untersuchungen nicht anschließen. Mir erscheinen folgende Beobachtungen beachtenswert und ein Hinweis auf die Natur der in Frage stehenden Gebilde:

1. Die parallelen Linien verlaufen kontinuierlich und sind in gleichmäßigen Abständen von einander angeordeet.
2. Aus den Schliffen geht hervor, daß es mehr oder weniger ebene Flächen sind, die vertikal zur Septenfläche stehen.
3. Die Querschnitte der Leisten tragen zuweilen Septenreste in Gestalt von Höckern, kurzen Septenstücken.

Diese Beobachtungen führen mich zu folgender Auffassung:

Der periphere Abschnitt der Seitenflächen der ursprünglich bis zur Peripherie durchlaufenden Septen ist mit schräg aufwärts steigenden, zur Septenfläche vertikal gestellten Leisten bedeckt. Ich betrachte die Leisten als ein architektonisches Element der Septen, das vorhanden sein kann oder nicht, und ich bezeichne sie als Septalleisten.

Der Rückbildungsprozeß — Zerfaserung und Zersplitterung der Septen — setzt, von der Peripherie ausgehend, ein. Der periphere Teil der Septen verschwindet schrittweise bis auf die korrespondierenden Leisten der beiden Seitenflächen eines Septums mit dem sie verbindenden Septenstück.

Die Leisten sind also nach meiner Auffassung primäre Gebilde, sie entstehen nicht infolge des Auflösungsprozesses der Septen, sondern sie widerstehen der Auflösung. Mit dem sie verbindenden Septenstück verschmelzen die korrespondierenden Leisten der beiden Seitenflächen eines Septums zu einer mehr oder weniger ebenen Fläche. Ich behalte auch für das Verschmelzungsprodukt die Bezeichnung Septalleiste bei (Fig. 6 S. Lst.). Hier und da sitzen den Septalleisten noch Septenreste auf, wie aus dem Querschnitt zu ersehen ist (Fig. 4 S. Lst.).

Im Längsschnitt (Fig. 6) folgt auf die periphere Septalleistenzone zentralwärts Blasengewebe, dessen Elemente alle die konvexe Seite dem Zentrum der Koralle zukehren; diese „Blasen" sind die Längsschnitte der Zentralblasen, sowie der Interseptalgebilde der Septenzone. Längsschnitt Fig. 5, in der Mediane des Interseptal-

raumes, zeigt, daß auch die Interseptalgebilde der peripheren Zone das gleiche Längsschnittbild liefern. Die Kombination von Längs- und Querschliffbild und das Studium der polierten Schleiffläche und verwitterter Korallenbruchstücke hat zu einer klaren Erkenntnis der Morphologie dieser Bauelemente geführt:

Die Zentralblasen und die Interseptalgebilde unter Ausschluß der Abspaltungsprodukte der Septen sind gleicher Herkunft, sie sind Umwandlungsprodukte der Böden, aus diesen durch Auflösung der ursprünglich horizontalen, leicht wellig gebogenen Fläche in einzelne Kalkblätter entstanden. Sie sind nur morphologisch und in ihrer räumlichen Verteilung von einander verschieden:

Die Zentralblasen nehmen — als Abkömmlinge der zentralen Bödenzone — den zentralen Teil der Koralle ein. Sie haben noch eine den Böden ganz analoge Anordnung. Sie sind nahezu horizontal gestellt. Der Grad der Wölbung und der Längserstreckung bestimmt das Aussehen der Blasen, es sind halbkugelige, halb elliptische und länglich gewölbte Gebilde. Die Blasen liegen unregelmäßig übereinander und begrenzen Hohlräume. Benachbarte Blasen können zu wellig gebogenen Blättern verschmelzen.

Die Umwandlungsprodukte der peripheren Zone der Böden haben die ursprünglich horizontale Anordnung aufgegeben, sie haben sich aufgerichtet und steil gestellt. Zwei Elemente sind festzustellen:

1. Die Interseptallamellen.
(Fig. 4 I. La.)

Das sind steilgestellte, gewölbte Lamellen, die in der Mediane der Wölbung eingedellt sind — die Wölbung ruft den blasenartigen Schnitt im Längsschliff hervor, die Eindellung den nach der Peripherie gerichteten konvexen Bogen im Querschliff.

2. Die Interseptalblasen.
(Fig. 4 J. Bl. s u. J. Bl. p.)

Das sind jene blasigen Gebilde[1]), die vereinzelt in der Septenzone und in regelmäßiger Entfaltung in den Interseptalräumen der peripheren Zone vorkommen. Im Längsschliff zeigen sie den blasenartigen Schnitt, im Querschliff den nach dem Zentrum der Koralle gerichteten konvexen Bogen. Interseptallamellen und Interseptalblasen sind also gleichen Ursprungs — Umwandlungsprodukte der peripheren Zone der Böden —, nur

1) Ich behalte nur für die halbkugelartigen Kalkgebilde die Bezeichnung Blase bei, die wellig-gebogenen Kalkblätter bezeichne ich als Lamellen.

morphologisch verschieden, aber durch zahlreiche Uebergänge verbunden.

In ihrer typischen Gestaltung sind die Interseptalblasen den Zentralblasen ähnliche Gestalten, nur aus der horizontalen Anordnung herausgehoben und steil gestellt und von geringerer Größe.

Die Entstehung der Abspaltungsprodukte der Septen studierte ich an einem exzentrischen Längsschliff. Dabei hat sich ergeben, daß die Septen kavernös werden. Das Kalkblatt, das den Hohlraum nach außen begrenzt, wölbt sich mehr und mehr und tritt als ein blasenartiges Gebilde, das mit seinen beiden Schenkeln dem Septum aufliegt, in Erscheinung vgl. Fig. 14 A. $Bl._1$). Es erfolgt Ablösung des peripheren Blasenschenkels vom Septum (vgl. Fig. 14 A. $Bl._2$), im Querschnitt erscheinen radial gestellte Abspaltungsprodukte der Septen (vgl. Fig. 4 A. Bl.). Ich bezeichne sie als Abspaltungsblasen. Benachbarte Abspaltungsblasen eines Septums können bei vollständiger Reduktion des Septums zu einer einheitlichen Blase verschmelzen (vgl. Fig. 14), und diese Gebilde können wiederum mit auf gleichem Wege entstandenen Blasen benachbarter Septen verschmelzen zu wellig gebogenen Blättern (vgl. Fig. 4).

Daß die in der Septenrichtung zur Peripherie hinziehenden Blasen der peripheren Zone des Querschnittes Schnittbilder der die Leisten in vertikaler Richtung verbindenden Elemente sein müssen, ist unverkennbar (vgl. Fig. 4 S. La.; Fig. 7 S. La.). Ich bezeichne sie einstweilen als Verbindungslamellen. Ihre Morphologie und Herkunft aber kann auf Grund der beiden Schliffe noch nicht erkannt werden. Ihre Erforschung ist die nächstliegende Aufgabe.

Ich fasse als Ergebnis der bis hierher geführten Untersuchung zusammen:

1. Der Bau der Zentralblasen und der Interseptalgebilde ist geklärt.
2. Zwei neue Bauelemente sind erkannt worden:
   a) Die Septalleisten,
   b) Die Verbindungslamellen.

Die Schnittfläche liegt parallel zu den Septalleisten.
(Hierzu Fig. 8 u. 9.)

Um den Bau und die Herkunft der Verbindungslamellen zu klären, habe ich einen Schnitt durch die Koralle so gelegt, daß die Schleiffläche mit der Theca einen Winkel von ca. 45° bildet, also den Septalleisten parallel und zwar in der Mediane zwischen zwei Septalleisten verläuft. Fig. 8 veranschaulicht die Lage der Schnittfläche.

Wenn meine Auffassung vom Bau der Septen und ihrer Entwicklung zu Recht besteht, dann muß der Schliff Belegmaterial für meine Auffassung liefern: trifft doch der Schnitt gerade jene Zonen, die der Auflösung mehr oder weniger anheimgefallen sind, die Zonen

zwischen den Septalleisten. Ich müßte meiner Auffassung gemäß, da wo der Auflösungsprozeß noch nicht zu Ende geführt ist, Auflösung des Septums durch Zerfaserung, also mehr oder weniger lange Septenstücke und Abspaltungsgebilde beobachten.

Der Schliff liefert ein ähnliches Bild wie der periphere Abschnitt des Querschnittes; durch die gewählte Schnittlage sind aber die Elemente der peripheren Zone im Querschnitt getroffen, die störenden Schnitte durch die Septalleisten fehlen.

Der Schnitt trifft außer der peripheren Zone gerade noch das distale Ende der Septenzone, daraus erklärt sich das Auftreten der Septenschnitte und der Schnitte durch einige Interseptalgebilde der Septenzone am oberen Rande des Schliffbildes.

Fig. 8. *Cosmophyllum sp.* Blockdiagramm mit schematisiertem Schliffbild zur Demonstration der Lage der Schnittfläche. Die Schnittfläche liegt den Septalleisten parallel.

Alle übrigen Gebilde gehören der peripheren Zone an: In der Septenrichtung sind Blasen reihenweise angeordnet, ihre konvexe Seite ist der Kelchgrube der Koralle zugekehrt. Sie liegen enggedrängt und ineinandergeschachtelt, sie überwuchern und verdrängen einander — das sind die Querschnitte der Verbindungslamellen. Die Kombination von Längs- und Querschliffbild dieser Gebilde und das Studium angewitterter Bruchstücke ergibt, daß die Verbindungslamellen halbcylindrische Kalklamellen sind mit einer leichten Eindellung der konvexen Seite. Die Axe dieser Gebilde steht etwa senkrecht auf den Septalleisten (vgl. Fig. 14 S. La.).

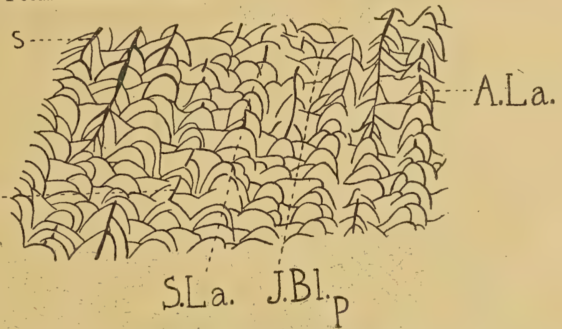


Fig. 9. *Cosmophyllum sp.* Die Schnittfläche liegt den Septalleisten parallel und zwar in der Mediane zwischen 2 Septalleisten.
s distales Septenende, *A. La.* Abspaltungslamellen,
s_r Septenrest, *S. La.* Septallamellen.
J. Bl.$_p$ Interseptalblasen der der periph. Zone.

Septenrückstände in Gestalt von kürzeren und längeren Linien, Dornen, durchsetzen das Blasengewebe und zwar in der Mediane der Reihen, die durch die Verbindungslamellen gebildet wer-

den. Diesen Septenrückständen sitzen radial gestellte Gebilde an (vgl. Fig. 9 A. La.), den Abspaltungsblasen der Septen zu vergleichen, aber morphologisch von ihnen verschieden, es sind Abspaltungs l a m e l l e n , wie aus der Kombination von Längs- und Querschnitt hervorgeht. Verschmelzung benachbarter Abspaltungslamellen bei vollständiger Reduktion des sie verbindenden Septenstückes führt zur Entstehung der Verbindungslamellen (vgl. Fig. 9 S. La.).

Ergebnis:

Die Verbindungslamellen sind also Produkte der ursprünglich bis zur Peripherie durchsetzenden Septen, sie sind unter Vermittlung von Abspaltungslamellen durch Auflösung der Septenabschnitte zwischen zwei Septalleisten entstanden. Ich bezeichne sie als S e p t a l l a m e l l e n. Die S e p t a l l e i s t e n aber sind p r i m ä r e Gebilde, die nicht entstehen infolge des Auflösungsprozesses der Septen, sondern die der Auflösung widerstehen.

Dem Interseptalraum der Septenzone entspricht ein Interseptalraum der peripheren Zone, den Interseptalblasen der Septenzone entsprechen Interseptalblasen der peripheren Zone. Diese bereits durch Längs- und Querschnitt erkannten Verhältnisse kehren hier in aller Deutlichkeit wieder.

D i e S e p t a l l e i s t e n s i n d i m Q u e r s c h n i t t g e t r o f f e n.

(Hierzu Fig. 10, 11, 12.)

Der Schliff bestätigt die Resultate über den Bau und die räumliche Verteilung der Elemente in der peripheren Zone. Er geht durch die periphere

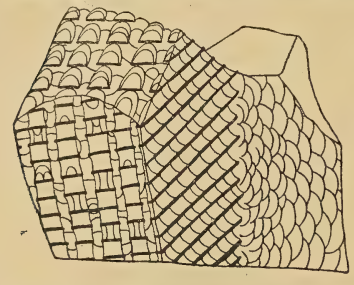


Fig. 10. *Cosmophyllum sp.*
Die Septalleisten sind im Querschnitt getroffen. Blockdiagramm mit schematisiertem Schliffbild zur Demonstration der Lage der Schnittfläche. Die rechts liegende Fläche zeigt einen Längsschliff; von den beiden links liegenden Flächen veranschaulicht die obere das stark angewitterte Aeußere der Koralle; die untere Fläche ist die in Frage kommende Schnittfläche.

Zone der Koralle und trifft die Septalleisten im Querschnitt. Bei der gewählten Schlifflage werden folgende Bauelemente getroffen:

1. Die Septalleisten.
2. Die Septallamellen.
3. Die Interseptalblasen der peripheren Zone.

Die S e p t a l l e i s t e n sind als mehr oder weniger ebene Flächen erkannt worden. Sie müssen im Querschnitt nahezu geradlinig oder leicht gebogen erscheinen. Der Schliff läßt sie in aller Deutlichkeit hervortreten. Der vertikale und der horizontale Abstand der Leisten von einander ist gering, so-

daß der Raum zwischen zwei übereinanderliegenden Leisten nur die Entwicklung einer Septallamellenreihe zuläßt, es liegen deren nicht mehrere übereinander, und die Interseptalblasen in ihrer Entwicklung gehemmt werden.

Die in vertikaler Richtung zwischen den Septalleisten hinziehenden Linien sind Schnittbilder der Septallamellen. Das Schnittbild ist abhängig von der Lage der Achse der Lamellen. (Vgl. Fig. 12).

Benachbarte Septalleisten bezw. benachbarte Septallamellen werden durch Interseptalblasen verbunden; sie erscheinen im Schnitt als gebogene Linien. Je nachdem der Schnitt die Wölbung der Blase trifft, erscheint eine nach oben oder nach unten gebogene Linie im Schliffbild (vgl. Fig. 12).

Manchmal verschmelzen 2 benachbarte Septalleisten, die

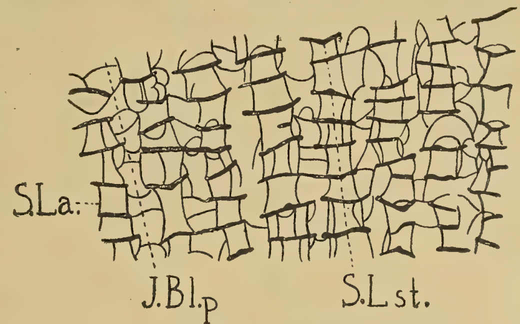


Fig. 11. *Cosmophyllum sp.*
Die Septalleisten sind im Querschnitt getroffen
S. Lst. Septalleisten.
S. La. Septallamellen.
J. Bl.p. Interseptalblasen der periph. Zone.

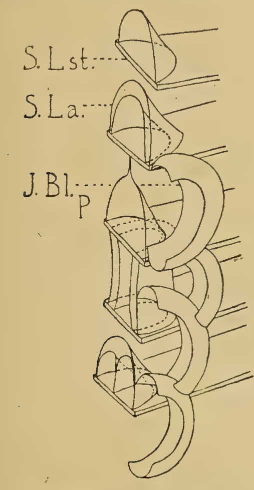


Fig. 12. *Cosmophyllum sp.*
Zur Erläuterung einiger Schnittbilder von Septallamellen und Interseptalblasen der periph. Zone. *S. Lst.* Septalleisten im Querschnitt getroffen. *S. La.* Septallamellen, schrägangeschnitten; die Lage der Achse der Lamellen ist bestimmend für d. Schnittbild. *J. Bl.p.* Interseptalblasen der periph. Zone.



Fig. 13. *Cosmophyllum sp.*
Tangentialer Längsschliff.
S. Lst. Septalleiste.
S. La. Septallamellen.
J. Bl.p. Interseptalblasen der periph. Zone.

Interseptalblasen werden an dieser Stelle dann ganz unterdrückt, oder die Septallamellen überwuchern die Interseptalblasen.

Tangentialer Längsschliff.

(Hierzu Fig. 13.)

Das stark angewitterte Exemplar (vgl. Fig. 10 — der obere Teil zeigt die stark angewitterte Koralle und entspricht einem tangentialen Längsschliff — u. S. 20) zeigt in vertikaler Richtung Längsreihen enggedrängter, gewölbter Kalkblätter die Wölbung ist der Kelchöffnung zugekehrt. Horizontale, leistenartige Gebilde schieben sich zwischen sie. Werden die Längsreihen aufwärts bis zur Kelchöffnung verfolgt, dann zeigt sich, daß sie in Septenrichtung angeordnet sind.

Von den Bauelementen der Koralle erreichen die Außenwand nur

1. die Septalleisten,
2. die Septallamellen,
3. die Interseptalblasen der peripheren Zone.

Diese Elemente werden also der angewitterten Koralle auch ihr äußeres Gepräge verleihen.

Wird die angeschliffene, polierte Schleiffläche des Korallenbruchstückes (von Fig. 10), welche einen zentralen Längsschliff zeigt, in die Beobachtung mit hineinbezogen, dann zeigt sich deutlich an günstigen Stellen, daß die enggedrängten, gewölbten Kalkblätter Schnitte der Septallamellen, die horizontalen, leistenartigen Gebilde Schnitte der Septalleisten sind. Auch die Interseptalblasen sind an der angewitterten Koralle zwischen den vertikalen Längsreihen zu erkennen.

Der tangentiale Längsschnitt (Fig. 13) läßt alle drei peripheren Bauelemente in aller Schärfe erkennen. Das Schliffbild ähnelt Fig. 11; nur sind alle Gebilde bei der gewählten Schnittlage schräg angeschnitten, auch die Septalleisten. Die Schliffbilder lassen sich mit Hilfe der schematischen Figur 12 ohne Mühe erklären.

Die Untersuchung von Cosmophyllum hat ergeben, daß durch Modifikation der Septen und Böden neue Elemente in den Bauplan der Koralle eingeführt werden.

Die Modifikation der Septen äußert sich

1. in einer besonderen Ausgestaltung der Septen: sie tragen auf den Seitenflächen ihres peripheren Abschnittes schräg aufwärtssteigende, zur Septenfläche vertikal gestellte Leisten.
2. In einer Rückbildung der Septen: Die Rückbildung der Septen geht von der Peripherie aus und schreitet gegen das Zentrum vor. Sie wird durch Abspaltung von Septenmaterial in Gestalt radial gestellter Kalkblätter erreicht. In der peripheren Zone ist der Prozeß beendet: Die Septen sind bis auf die korrespondierenden Leisten der Seitenflächen eines Septums mit dem sie verbindenden Septenstück aufgelöst. Der Septenrest und die zugehörigen Leisten verschmelzen zu Septalleisten. In der Septenzone ist der Auflösungsprozeß noch im Ablauf begriffen.

Die Auflösungsprodukte der Septen sind Kalkblätter von verschiedener Gestaltung und räumlicher Verteilung. Es lassen sich drei Typen feststellen:

1. Abspaltungsblasen (in der Septenzone).
2. Abspaltungslamellen (in der peripheren Zone).
3. Septallamellen = Verschmelzungsprodukte der Abspaltungslamellen (in der peripheren Zone).

Die Modifikation der Böden besteht in der Auflösung des ursprünglich horizontalen Kalkbodens in einzelne Kalkblätter, welche sich blasig emporwölben, die horizontale Anordnung aufgeben und sich mehr und mehr steil stellen.

Auch diese Abkömmlinge der Böden zeigen morphologisch und in ihrer räumlichen Verteilung Unterschiede. Ich unterscheide drei Typen:

1. Zentralblasen in der zentralen Zone.
2. Interseptalblasen in der Septenzone und peripheren Zone.
3. Interseptallamellen in der Septenzone.

Zu diesen sekundären Bauelementen treten noch als primäre Gebilde die Theca und die Septen, soweit letztere der Auflösung widerstanden haben.

Cosmophyllum ist also durch einen besonderen Reichtum an Bauelementen ausgezeichnet.

Die bestimmte räumliche Verteilung der Bauelemente ruft eine Gliederung des Querschnittes in drei scharfgetrennte Zonen hervor:

1. Zentralzone = Zentralblasen.
2. Septenzone = Septen, Interseptallamellen, Interseptalblasen, Abspaltungsblasen.
3. Periphere Zone = Septalleisten, Abspaltungslamellen, Septallamellen, Interseptalblasen.

Als charakteristisch für die Gattung Cosmophyllum sehe ich den Bau der peripheren Zone an.

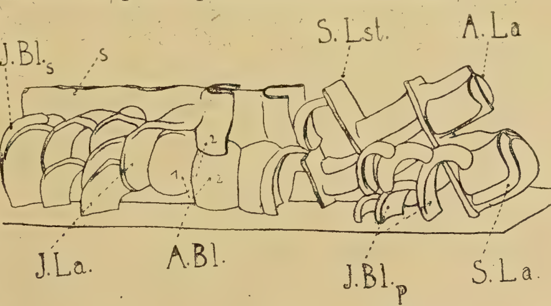


Fig. 14. *Cosmophyllum sp.* Zeichnung nach einem Tonmodell. Das distale Ende der Septenzone und die periphere Zone. *s* Septum. *J. La.* Interseptallamellen. *J. Bl.s.* Interseptalblasen d. Septenzone. *A. Bl.* Abspaltungsblasen. *S. Lst.* Septalleiste. *A. La.* Abspaltungslamelle. *S. La.* Septallamelle. *J. Blp.* Interseptalblase d. periph. Zone.

In einem Tonmodell habe ich versucht in schematischer Weise räumlich darzustellen zu welcher Auffassung über die Morphologie, die Herkunft und die räumliche Verteilung der Bauelemente von Cosmophyllum mich das Studium der Dünnschliffe und die Deutung ihrer Elemente geführt hat.

Das Modell zeigt das distale Ende eines Septums mit den Interseptalgebilden und einen Ausschnitt aus der für Cosmophyllum charakteristischen peripheren Zone.

Die Diagnose der Gattung, eine Charakteristik der bis jetzt erkannten zugehörigen Spezies, sowie eine Mitteilung über Abgrenzung und Benennung der Gattung beabsichtige ich nach Abschluß meiner Untersuchungen über den Bau der Campophyllidae zu veröffentlichen.

Herr Korschelt sprach über:

Die Zellkonstanz in gewissen Organen verschiedener Tiere *).

Auf Grund der im Marburger Zoologischen Institut angestellten Untersuchungen sowie von Literaturangaben wurde die Beschränkung der Zellenzahl in den Organen verschiedener Tiere besprochen, um daraus Schlüsse auf die Abnutzung dieser Organe und die Bedeutung für die Lebensdauer der betr. Tiere zu ziehen. Der Vortrag wird an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Herr Korschelt hielt eine Demonstration:

Ueber einige Arten von Pentastomum und Porocephalus.

Ebenfalls auf Grund der im Institut angestellten Untersuchungen wurde eine Anzahl von Präparaten verschiedener Arten von *Pentastomum* und *Porocephalus* durch makroskopische und mikroskopische Vorführung erläutert.

*) Sitzung vom 9. Februar 1921.

Ueber das Verhalten von Schwermetallsulfiden in wässriger Lösung. II.

Von O. Weigel, Marburg.

Im Jahre 1906 veröffentlichte ich eine Arbeit (6) über die Löslichkeit von Schwermetallsulfiden in reinem Wasser als ersten Teil einer umfassenderen Untersuchung der Bildungsvorgänge hydatogener Erzgänge und Erzlager auf physikalisch-chemischer Basis. Erst heute stehen mir die Mittel zur Verfügung, die planmäßige Fortsetzung dieser Arbeit aufzunehmen; doch bevor ich an sie herangehe, schien es mir geboten, die verschiedenen zur Löslichkeitsuntersuchung der Schwermetallsulfide verwendeten Methoden einer kritischen Durchsicht zu unterziehen, insbesondere da nach meiner ersten Veröffentlichung eine Reihe von Untersuchungen erschienen sind, deren Ergebnisse mit den meinen im Widerspruche zu stehen scheinen.

In der Tabelle 1 sind für eine Reihe von Schwermetallsulfiden alle Bestimmungen der Löslichkeit in reinem Wasser und des „Löslichkeitsproduktes" zusammengestellt, die ich in der Literatur auffinden oder aus vorliegenden Messungen berechnen konnte. Die Abkürzungen in der Tabelle, Spalte „Messungsmethode", bedeuten: „Anal." analytisch durch Wägung, „Glgew." durch Ermittlung von Gleichgewichtskonstanten, „Ultra" ultramikroskopisch, „E. K." durch Potentialmessung, „Leitf." durch Messung der elektr. Leitfähigkeit der Lösung, „Radio" durch Messung der Radioaktivität der Lösung, „B. W." mit Hilfe der Bodländer'schen Formel aus Bildungswärmen und Haftintensitäten der Ionen ermittelt. Die in Spalte „Beobachter" und „Berechner" eingetragenen Zahlen entsprechen denen des am Schlusse befindlichen Literaturverzeichnisses. Mit der Ziffer 6 a wurden Messungen und Berechnungen gekennzeichnet, die von mir im Laufe der vorliegenden Untersuchung gewonnen wurden und z. T. weiter unten eingehender behandelt werden.

Die Durchsicht der Tabelle 1 lehrt, daß einerseits die Löslichkeitsbestimmungen in reinem Wasser und andererseits die Ionenprodukte (Löslichkeitsprodukte) — diese mit Ausnahme des Bleisulfids und z. T. des Kupfersulfids — je für sich in hinreichendem Maße mit einander im Einklange stehen, um daraus den Schluß ziehen zu können, daß sowohl die Ionenprodukte als auch die Gesamtlöslichkeiten in Wasser im Wesentlichen richtig bestimmt sind. Zwischen diesen beiden Gruppen aber klafft eine große Kluft, die zu schließen das Ziel dieser Arbeit war.

Die Ermittlung des Löslichkeitsproduktes eines Stoffes liefert uns offensichtlich einen viel weitergehenden Ueberblick über das

Tabelle 1.

Substanz: Formel	Substanz: Nähere Bezeichnung	Messungs-methode	Beobachter	Berechner	Ionen-produkt	Löslichkeit Mole i. Liter	
MnS		B. W.	11	—	7×16^{-16}		
		Ultra	9	—		11×10^{-5}	
	grün	Leitf.	6	—		$5{,}5 \times 10^{-5}$	
	fleischfarb.	Leitf.	6	—		$7{,}2 \times 10^{-5}$	
Tl_2S		Glgew.	11	—	7×10^{-23}		
		Anal.	3	—		$4{,}3 \times 10^{-4}$	
		Leitf.	3	6a		$4{,}5 \times 10^{-4}$	
		Anal.	6a	—		ca. 11×10^{-4}	
		Leitf.	6a	—		ca. $7{,}9 \times 10^{-4}$	
ZnS	α —	Glgew.	10	11	5×10^{-26}		
	β —	Glgew.	10	11	1×10^{-24}		
	α —	Glgew.	8	11	8×10^{-26}		
	β —	E. K.	2	6a	9×10^{-24}		
	β —	Leitf.	6	—		7×10^{-5}	
	Wurtzit	Leitf.	6	—		3×10^{-5}	
	Zinkblende	Leitf.	6	—		$6{,}7 \times 10^{-6}$	
CdS	aus $CdCl_2$ — Lsg	Glgew.	11	—	7×10^{-28}		
	aus $CdSO_4$ — Lsg	Glgew.	11	—	5×10^{-29}		
	gefällt	Leitf.	6	—		} $8{,}8 \times 10^{-6}$	
	Greenockit	Leitf.	6	—			
		Ultra	9	—		$6{,}6 \times 10^{-6}$	
PbS		Glgew.	11	—	$3{,}4 \times 10^{-28}$		
		B. W.	12	—	$6{,}7 \times 10^{-30}$		
		E. K.	12	6a	1×10^{-20}		
		E. K.	2	6a	3×10^{-20}		
		E. K.	1	6a	2×10^{-13}		
		E. K.	1	6a	1×10^{-13}		
		E. K.	6a	—	2×10^{-13}		
	frisch gefällt	Leitf.	6	—		$3{,}6 \times 10^{-6}$	
	Bleiglanz	Leitf.	6	—		$1{,}2 \times 10^{-6}$	
		Ultra	6a	—		$3{,}3 \times 10^{-6}$	
		Ultra	9	—		$5{,}5 \times 10^{-6}$	
	Bleiglanz ?	Radio	13	—		$1{,}2 \times 10^{-6}$	Mittelwert
CuS		E. K.	2	11	6×10^{-42}		Messg. in NaSH—Lsg.
		E. K.	2	6a	1×10^{-26}		Messg. in H_2S—Lsg.
		E. K.	7	11	1×10^{-42}		
		Leitf.	6	—		$3{,}5 \times 10^{-6}$	
		Ultra	9	—		4×10^{-6}	
Ag_2S		Glgew.	4	11	$4{,}8 \times 10^{-53}$		
		E. K.	7	11	$1{,}5 \times 10^{-50}$		
		E. K.	1	11	$3{,}9 \times 10^{-50}$		
		Leitf.	6	—		$5{,}5 \times 10^{-7}$	
		Ultra	9	—		8×10^{-7}	
HgS		Glgew.	7	11	1×10^{-53}		
		E. K.	2	11	8×10^{-48}		
		Leitf.	6	—		$5{,}4 \times 10^{-8}$	
		Leitf.	5	6a		$3{,}4 \times 10^{-8}$	

analytische Verhalten desselben als die Löslichkeitsbestimmung in reinem Wasser, die uns die Löslichkeit bei einer einzigen und zudem nicht genau bekannten Konzentration der die Löslichkeit ausschlaggebend beeinflussenden Ionen gibt. Andererseits müssen zur Ermittlung des Löslichkeitsproduktes uns unbedingt die Ionen sicher bekannt sein, in welche der Stoff bei seiner Lösung zerfällt. andernfalls kann diese Methode zu gänzlich falschen Vorstellungen über die Größenordnung der Löslichkeit führen, indem vielleicht nur ein constantes Ionenprodukt, aber nicht das maßgebende Löslichkeitsprodukt bestimmt wurde. In solchen Fällen, wo die Ionen des gelösten Stoffes uns nicht sicher bekannt sind, sind die Methoden der direkten Löslichkeitsbestimmung im Vorteil, indem eine falsche Annahme hinsichtlich der Art der vorhandenen Ionen jedenfalls kein Resultat von falscher Größenordnung nach sich zieht. So bin ich in meiner ersten Abhandlung (6) bei der Berechnung der Konzentration der Sulfidlösung, deren Ionenzustand unbekannt ist, aus der elektrischen Leitfähigkeit so vorgegangen, als sei das gelöste Sulfid quantitativ hydrolysiert und dissoziiert, d. h. die unbekannten Kationen bezw. Anionen als gleich beweglich dem betreffenden Metallion bezw. Hydroxylion angenommen. Es sei hier nochmals — da die entsprechende Bemerkung in der ersten Abhandlung stellenweise übersehen zu sein scheint — hervorgehoben, daß diese Berechnungsweise keineswegs die Folgerung enthält, daß dieser angenommene Ionenzustand tatsächlich vorliege. Die Berechtigung dieser meiner Berechnungsweise ergibt sich nur daraus, daß sie zu mit den nach anderen Methoden ermittelten Werten gut übereinstimmenden Resultaten führt.

Für die Erforschung der sulfidischen Erzbildung in der Natur ist die Kenntnis der Löslichkeit in reinem Wasser mindestens von gleicher Bedeutung wie die des Löslichkeitsproduktes; denn in der Natur haben wir es zumeist mit Lösungen zu tun, die dem reinen Wasser nahe stehen. Die hier inbetracht kommende vermutlich durch Hydrosyse beeinflußte Löslichkeit läßt sich zur Zeit für fast kein Schwermetallsulfid mit ausreichender Genauigkeit aus dem Löslichkeitsprodukte berechnen, da uns die Kenntnis der Hydrolysekonstanten fehlt.

I. Vergleich der aus dem „Löslichkeitsprodukte" berechneten mit der gemessenen Löslichkeit von Thallo-, Blei- und Silbersulfid in reinem Wasser.

Der Gedanke liegt nahe, daß die hohen Löslichkeitswerte in reinem Wasser mit den so außerordentlich kleinen „Löslichkeitsprodukten" — vergl. Tabelle 1 — durch die Annahme in Einklang

gebracht werden könnten, daß die in reinem Wasser wirksame Hydrolyse eine ausreichende Löslichkeitserhöhung bewirke. Um diese Erklärungsmöglichkeit zu prüfen, habe ich für Thallo-, Blei- und Silbersulfid, für welche der Grad der Hydrosyse wenigstens annähernd abgeschätzt werden kann, die Löslichkeit in reinem Wasser aus dem experimentell ermittelten „Löslichkeitsprodukte" berechnet, um sie mit der unmittelbar gemessenen zu vergleichen.

1. Thallosulfid.

Tl O H ist eine so starke Base, daß sie für den vorliegenden Zweck bei den geringen inbetracht kommenden Konzentrationen als völlig dissoziiert angesehen werden kann. Die Hydrolyse wird demnach im Wesentlichen nach der Gleichung verlaufen:

$$S'' + H_2O \rightarrow SH' + OH',$$

$$\frac{[SH'] [OH']}{[S'']} = k \qquad 1.)$$

Die Konstante k ist nach Knox (7) etwa gleich 10 zu setzen. Nach Bruner und Zawadzki (11) ist das „Löslichkeitsprodukt"

$$[Tl^{\cdot}]^2 [S''] = 7{,}0 \times 10^{-23}. \qquad 2.)$$

Die Multiplikation von Gleichung 1.) mit 2.) gibt:

$$[Tl^{\cdot}]^2 [SH'] \cdot [OH'] = 7 \times 10^{-22}.$$

Wenn die hohe Löslichkeit des Thallosulfids in reinem Wasser auf Hydrolyse zurückgeführt werden soll, so muß annähernd

$$[Tl^{\cdot}] = 2 [OH'] = 2 [SH'] \text{ sein.}$$

Dann ist $\frac{[Tl^{\cdot}]^4}{4} = 7 \times 10^{-22}$ und $[Tl^{\cdot}] = 7{,}3 \times 10^{-6}$.

Es müßten also $3{,}7 \times 10^{-6}$ Mole Tl_2S in reinem Wasser sich lösen. Experimentell ermittelt aber ist von Böttger (3) durch Eindampfen der gesättigten Lösung und Wägung des in Thallosulfat überführten Rückstandes $4{,}3 \times 10^{-4}$ Mole Tl_2S und von mir auf gleichem Wege der etwas unsicherere Wert 11×10^{-4} Mole. Mit beiden Werten stehen die gemessenen Leitfähigkeiten der Lösungen im Einklang. Die experimentell ermittelte Löslichkeit in reinem Wasser ist also rund 100mal so groß als die aus dem „Löslichkeitsprodukte" berechnete.

Die von mir ausgeführte Löslichkeitsbestimmung des Thallosulfids ist nach demselben Prinzipe wie zuvor von Böttger, aber in anderer experimenteller Anordnung durchgeführt. Das Thallosulfid wurde aus Thallonitratlösung — reinstes Merck'sches Präparat — mit reinem Schwefelwasserstoff unter gleichzeitigem Durchleiten reinen Wasserstoffes ausgefällt, durch 10faches Dekantieren mit luftfreiem Wasser im Wasserstoffstrome aus-

gewaschen und in einen 500 ccm fassenden Quarzglaskolben gebracht. Der Kolben war durch einen Gummistopfen mit drei Durchbohrungen verschlossen, durch die 2 kurze, oben im Kolbenhals endende und eine längere, bis zum Kolbenboden reichende Quarzglasröhren geführt waren. In das erweiterte Ende der einen kurzen Quarzglasröhre konnte gasdicht das Ende eines Silberkühlers eingesetzt werden, durch den aus einem Jenenser Siedekolben Wasser in den Quarzglaskolben überdestilliert werden konnte. In den Siedekolben ragte durch den Verschlußstopfen ein Glasrohr bis zum Boden herab, das mit einem Wasserstoffentwicklungsapparat verbunden war, dem zwei Wasserflaschen mit Pyrogallol, eine mit Silbernitrat, zwei mit Wasser und eine mit Watte vorgeschaltet waren. Das zweite kurze in den Quarzkolben ragende Rohr konnte verschlossen werden und diente zur Wasserstoffableitung während der Wasserdestillation. Das dritte bis zum Boden reichende Quarzrohr hatte die Form eines Hebers und befand sich mit seinem freien Ende über einem kleinen Trichter mit Filter, das die aus dem Quarzglasrohr austretende Thallosulfidlösung von etwa mitgerissenem festen Thallosulfid befreien sollte. Um auch diese Filtration unter Luftausschluß durchführen zu können, war der Trichter von einem weiten Glasrohrstück umgeben, das an beiden Enden durch Stopfen verschlossen war, die in Durchbohrungen oben das Quarzglasrohrende, unten das am Ende verschließbare Trichter-Ablaufrohr hindurchtreten ließen. In den so abgeschlossenen Filtrierraum konnte reiner Wasserstoff geleitet werden. Die Ausführung der Versuche geschah in der Weise, daß zunächst das Wasser im Siedekolben durch längeres Sieden luftfrei gemacht und unter dauerndem Durchleiten von Wasserstoff wieder auf Zimmertemperatur abgekühlt wurde. Dann wurde der Silberkühler an den mittlerweile durch Durchleiten von Wasserstoff ebenfalls luftfrei gemachten Quarzglaskolben gasdicht angeschlossen. und unter Durchleiten von Wasserstoff Wasser in den Quarzglaskolben überdestilliert. Nach Füllung des Kolbens mit etwa 400 ccm blieb die ganze Apparatur verschlossen unter Wasserstoffdruck stehen, wobei von Zeit zu Zeit der Kolbeninhalt umgeschwenkt wurde. Um das Wasser aus dem Quarzkolben zu entfernen, brauchte nur der Verschluß am unteren Ende des Trichterrohres geöffnet zu werden, worauf der im Kolben herrschende Wasserstoffdruck das Wasser durch das Heberrohr herausdrückte. In dieser Weise wurde das Thallosulfid im Quarzkolben 9 Tage lang ausgewaschen, bis Wasser, das nur sehr kurze Zeit im Quarzkolben gestanden hatte, beim Heraustreten die Leitfähigkeit eines normalen Leitfähigkeitswassers hatte. Nach so beendeter Auswaschung des

Sulfids wurde der Kolben neu aufgefüllt, und das allmähliche Fortschreiten des Lösungsvorganges durch das Messen der Leitfähigkeit einer von Zeit zu Zeit entnommenen kleinen Flüssigkeitsmenge, verfolgt. Die Messung der Leitfähigkeit erfolgte in der Wheatstoneschen Brücke mit Induktorium und Telefon. Das benutzte Leitfähigkeitsgefäß hatte blanke Platinelektroden und eine Kapazität von 1,0265. Das Leitfähigkeitsgefäß wie auch der Quarzglaskolben befanden sich in wassergefüllten Gefäßen, um ihre Temperatur genau bestimmen zu können. Tabelle 2 gibt die gewonnenen Beobachtungen. Die Widerstandsangaben sind mit Hilfe eines angenommenen Temperaturcoeffizienten 0,025 alle auf 18 ^{0} reduziert.

Tabelle 2

Zeit Std.	Widerstand Ohm 18 ^{0}	Abnahme des Widerstandes	Abnahme des Widerstandes in 1 Std.
0	922 700		
		684 800	25 300
27	237 900		
		163 550	3 635
72	74 350		
		58 550	791
146	15 800		
		7 450	138
200	8 350		
		2 650	36
275	5 700		
		1 350	21
339	4 350		
		900	11
417	3 450		
		665	7
507	2 785		
		270	3,8
578	2 515		

72 Std. nach Versuchsbeginn wurden 97,78 gr Sulfidlösung dem Quarzkolben entnommen und in einer Platinschale zur Trockne gedampft. Der Rückstand wurde mit H_2SO_4 abgeraucht und nach gelindem Glühen gewogen. Es ergab sich so ein Gehalt von $4,38 \times 10^{-5}$ Molen Tl_2S im Liter. Die Lösung besaß ein Leitvermögen $\varkappa_{18} = 13,81 \times 10^{-6}$, sodaß das molare Leitvermögen 0,315 betrug.

Nach 578 Std., als die Widerstandsänderungen nur noch einen geringen Betrag aufwiesen, wurden 88,47 gr. Sulfidlösung entnommen, die einen Gehalt von $11,26 \times 10^{-4}$ Molen im Liter ergaben. Zur Leitfähigkeitsmessung wurde jetzt der Trichter entfernt und

die Sulfidlösung direkt in das Leitfähigkeitsgefäß eingeführt, um so den etwa durch die Filtration verursachten Fehler auszuschließen. Das Leitvermögen betrug $\varkappa_{18} = 380 \times 10^{-6}$, das molare demnach $0,339 \times 10^{-6}$. Die Temperatur, bei welcher die Sättigung im Kolben erfolgte, war $19^0 \pm 0,5^0$.

Die von mir ermittelten Werte weichen nicht unerheblich von denen Böttgers (3) ab, der die Löslichkeit bei $19,96^0$ mit $4,3 \times 10^{-4}$ Molen, die Leitfähigkeit $\varkappa_{19,96} = 216 \times 10^{-6}$ bestimmte. Offenbar verdienen die Werte Böttgers mehr Zutrauen als die meinigen, da bei seiner Versuchsausführung Fehlerquellen sicherer ausgeschlossen waren als bei mir, und bei seinen Messungen ein scharfer Endwert erreicht wurde, der bei mir ausblieb. Immerhin genügten meine Messungen ihrem Zwecke, die Größenordnung der Löslichkeit des Thallosulfids zu prüfen.

2. Bleisulfid.

Zur Berechnung der Löslichkeit des Bleisulfids aus dem „Löslichkeitsprodukte" ist die Kenntnis der Dissoziationsverhältnisse des bei der Hydrolyse entstehenden Bleihydroxyds erforderlich, die in für eine Ueberschlagsrechnung ausreichendem Maße die Untersuchungen von Pleißner und Auerbach (14) liefern. Nach diesen ist $Pb(OH)_2$ bei den hier inbetracht kommenden Konzentrationen überwiegend nur in die Ionen $PbOH^{\cdot}$ und OH' gespalten. Aus ihren Löslichkeitsbestimmungen des $PbSO_4$ in verdünnter H_2SO_4 berechnet sich für die Hydrolyse des Bleiions die Konstante

$$k = \frac{[PbOH^{\cdot}]\,[H^{\cdot}]}{[Pb^{\cdot\cdot}]} = \text{ca. } 3,8 \times 10^{-6}. \qquad 1)$$

Nach Knox (7) ist $\frac{[S'']\,[H^{\cdot}]}{[SH']} = 1,2 \times 10^{-15}$. 2)

Division von Gleichung 2) in 1 ergibt

$$\frac{[PbOH^{\cdot}]\,[SH']}{[Pb^{\cdot\cdot}]\,[S'']} = 3,2 \quad 10^9.$$

Das Ionenprodukt $[Pb^{\cdot\cdot}]\,[S'']$ ist nach Bruner und Zawadzki $3,4 \times 10^{-28}$, sodaß $[PbOH^{\cdot}]\,[SH'] = 11 \times 10^{-21}$ wird.

In rein wässriger Lösung muß, wenn die hohe Löslichkeit des Pb S durch Hydrolyse erklärt werden soll, annähernde Gleichheit von $[PbOH']$ und $[SH']$ herrschen, wenn wie oben dargelegt, $[Pb^{\cdot\cdot}]$ gegen $[PbOH^{\cdot}]$ zu vernachlässigen ist.

Es ist also annähernd $[PbOH^{\cdot}]^2 = 11 \times 10^{-21}$, $[PbOH^{\cdot}]$ also $=$ ca. 10^{-9}, während sich aus den gesamten Bestimmungen der Löslichkeit (vergl. Tabele 1) die Größenordnung 10^{-6} bis 10^{-7} ergibt.

Auch die Löslichkeit des Bleisulfids habe ich einer Nachprü-

fung unterzogen, die zu einer vollen Bestätigung der bereits vorliegendem Werte geführt hat. Ueber diese Messungen wird weiter unten in anderem Zusammenhange eingehend berichtet.

3. Silbersulfid.

Silberhydroxyd ist in gesättigter Lösung bereits zu 70 % dissoziiert, sodaß es bei den außerordentlich niedrigen Konzentrationen, die hier inbetracht kommen, als völlig dissoziiert angenommen werden kann. Demgemäß beschränkt sich die Hydrolyse hier ebenso wie beim Thallosulfid auf das S″. Mit Hilfe des „Löslichkeitsproduktes“ $[Ag^{\cdot}]^2 \; [S''] = 4 \times 10^{-50}$, wie es Bruner und Zawadzki (11) angeben, berechnet sich die Löslichkeit in reinem Wasser zu ca. 10^{-12} Molen im Liter, während die Löslichkeitsbestimmungen (vergl. Tabelle 1) die Größenordnung 10^{-6} bis 10^{-7} ergeben.

Aus den vorstehenden Berechnungen ist trotz des ihnen notgedrungen anhaftenden Charakters roher Ueberschlagsrechnungen doch mit Bestimmtheit zu folgern, daß die experimentell gefundenen Löslichkeitswerte mit den ermittelten „Löslichkeitsprodukten“ nicht durch die Annahme in Einklang zu bringen sind, die hohen Löslichkeitswerte seien durch Hydrolyse bedingt; denn die vorstehenden drei Beispiele zeigen, daß die Stärke der Hydrolyse hierzu bei weitem nicht ausreicht. Außerdem sprechen auch Bestimmungen der Löslichkeit von Bleisulfid in reinem und mit H_2S gesättigtem Wasser durch v. Hevesy und Paneth (13) dagegen, daß die Löslichkeitswerte, wie sie die Tabelle 1 enthält, in sehr erheblichem Maße durch Hydrolyse bedingt sind. Diese Forscher fanden — durch Messung der Radioaktivität der an Bleisulfid mit einem bestimmten Gehalt an RaD gesättigten Lösung, daß die Löslichkeit des Bleisulfids in reinem Wasser $1{,}25 \cdot 10^{-6}$ Mole im Liter (Mittel aus drei Messungen), in mit H_2S gesättigtem Wasser $0{,}6 \times 10^{-6}$ Mole betrug. Der erste Wert stimmt ganz ausgezeichnet mit dem von mir (6) aus der Leitfähigkeit für Bleisulfid, das durch 24stündiges Verweilen in seiner Lösung in Bleiglanz umgewandelt ist, ermittelten Wert 1,68 bezw. $1{,}21 \times 10^{-6}$. v. Hevesy und Paneth haben in ihrer Abhandlung meinen Wert bei der Umrechnung der Konzentration von Molen in Gramme durch einen Rechenfehler entstellt, sodaß dort die Uebereinstimmung unserer Werte bei weitem nicht so gut erscheint, als sie tatsächlich ist. Die Herabdrückung der Löslichkeit des Bleisulfids durch Sättigung der Lösung mit Schwefelwasserstoff auf die Hälfte ihres Betrages, die ja offenbar auf Zurückdrängung der Hydrolyse zurückzuführen ist, weist darauf hin, daß ein sehr viel geringerer Grad von Hydrolyse

in den reinen wässrigen Sulfidlösungen vorliegen muß, als die oben gegebenen Berechnungen ergeben haben. Auf diese Tatsache wird weiter unten noch zurückgekommen. Berechnet man mit Hilfe des von Bruner und Zawadzki bestimmten „Löslichkeitsproduktes" des Bleisulfids $3{,}4 \times 10^{-28}$ die Konzentration der Bleiionen in gesättigtem Schwefelwasserstoffwasser, so erhält man den Wert 3×10^{-13}, der zu dem von v. Hevesy und Paneth experimentell nach einer einwandsfreien Methode gefundenen $0{,}6 \times 10^{-6}$ in grellem Widerspruche steht.

II. Die Dissoziation des Bleisulfids in wässriger Lösung.

Die Darlegungen des vorangehenden Kapitels zeigen, daß die experimentell gefundenen Löslichkeiten von den aus den Löslichkeitsprodukten berechneten auch dann noch in krassester Weise abweichen, wenn die Hydrolyse berücksichtigt wird. Dieses Ergebnis veranlaßte mich, die Ursache dieses Widerspruches nunmehr darin zu suchen, daß die in der Tabelle 1 aufgeführten „Löslichkeitsprodukte" garnicht die für die Gesamtlöslichkeit ausschlaggebenden Ionenprodukte seien, daß vielmehr die Schwermetallsulfide stufenweise dissoziieren, sodaß zuerst complexe Ionen auftreten, aus denen erst durch weiteren Zerfall die einfachen atomaren Ionen entstehen. Der weit überwiegende Teil des gelösten Sulfids müßte in complexe und nur ein sehr geringer Bruchteil in die einfachen atomaren Ionen gespalten sein. Der letztere allein würde durch die sog. „Löslichkeitsprodukte" wie $[Pb^{\cdot\cdot}]\,[S'']$ erfaßt werden, während die Methoden der direkten Löslichkeitsbestimmungen die gesamte gelöste Menge ergeben. Der Gedanke, daß wir es bei den Sulfiden mit komplizierten, polymeren Atomgruppierungen, wie sie die obige Hypothese voraussetzt, zu tun haben, ist keineswegs neu. Es mag hier in dem knappen zur Verfügung stehenden Rahmen nur kurz auf die Darlegungen von P. v. Groth (15), Beutell und Matzke (16), Thiel und Gessner (17), K. A. Hofmann (18) und P. Niggli (19) hingewiesen werden, die sich für einen complexen Bau der Schwermetallsulfide und z. T. auch (Niggli) für einen solchen der Ionen in der Lösung, aus welchen die Sulfide sich bilden, ausgesprochen haben. Auch hat schon Miolati (20) darauf hingewiesen, daß die von Bruner und Zawadzki ausgeführte Berechnung des „Löslichkeitsproduktes" des MnS wegen der Ungewißheit über den Zustand des gelösten Sulfids zu erheblich unrichtigen Werten führen könne.

Ich habe nun versucht, die oben skizzierte Erklärungshypothese einer experimentellen Prüfung zu unterziehen und zwar auf zwei Wegen: durch Untersuchung der Beeinflussung einmal der Löslich-

keit des PbS, dann des Potentials einer Bleisulfidelektrode durch Zusatz von Bleiionen zur Lösung.

1. Untersuchung der Löslichkeitsbeeinflussung des Bleisulfids durch Bleiionenzusatz.

Für diesen Zweck kam als Messungsmethode aus klar zu Tage liegenden Gründen nur die ultramikroskopische für mich in Frage, wie sie W. Biltz (9) bereits angewandt hat. Die Ausführung meiner Versuche erfolgte in der gleichen Weise wie bei ihm; nur habe ich eine so geringe mikroskopische Vergrößerung, als die Teilchengröße irgend zuließ, angewandt, da hierdurch eine schärfere Erfassung der Löslichkeitsconzentration erreicht wird, bei der die Teilchenzahl plötzlich von einem höheren Werte auf den der Ausgangscomponenten sinkt. Dieser Sprung der Teilchenzahlt tritt viel schärfer in Erscheinung, wenn diese beispielsweise von 12 auf 4, als wenn sie von 3 auf 1 sinkt, und diese vorteilhafte Vermehrung der im Gesichtsfelde befindlichen Teilchen wird durch Anwendung schwächerer Vergrößerung erreicht. Als Ultramikroskop diente die an jedes Mikroskop ansetzbare Einrichtung zur Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen der Firma Leitz, die ein vereinfachtes Spalt-Ultramikroskop nach Siedentopf darstellt. Als Ausgangsmaterialien dienten reinste Kahlbaumpräparate, deren Lösungen mit Hilfe von 30 " — Membranfiltern der Firma de Haën, Seelze hinreichend teilchenleer gemacht worden waren, und mit besonderer Vorsicht bereitetes Schwefelwasserstoffwasser. Zum Aussalzen der Sulfide, die — wie bereits Biltz hervorhob — außerordentlich zur Bildung teilchenleerer colloidaler Lösungen neigen, wurden zu dem Reactionsgemisch, das aus je 30 ccm der beiden reagierenden Lösungen bereitet wurde, 10 ccm einer 2-n. Na NO_3-Lösung zugefügt. Die Temperatur bei den Versuchen schwankte entsprechend der des Zimmers und der Beobachtungsdauer infolge der Bestrahlung durch die Bogenlampe. Sie betrug im Mittel etwa 14°. Es wurden zwei Versuchsreihen ausgeführt: Bleinitrat wurde bei der ersten mit Na_2S, bei der zweiten mit H_2S zur Reaction gebracht. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse zusammengestellt. Unter „Konzentration“ sind neben einander die Konzentrationen der beiden reagierenden Komponenten im Beobachtungsgemisch, eingetragen, unter „Teilchenzahl“ ist die in 12 Quadraten eines im Mikroskopocular befindlichen Netzes beobachtete angegeben, wie sie sich kurze Zeit nach der Reaction einstellte und dann mehr als eine Stunde unverändert hielt. Zuerst wurde durch Vermischen stets aequimolekularer Blei- und Sulfidlösungen von ständig abnehmender Konzentration die Löslichkeit in reinem Wasser ermit-

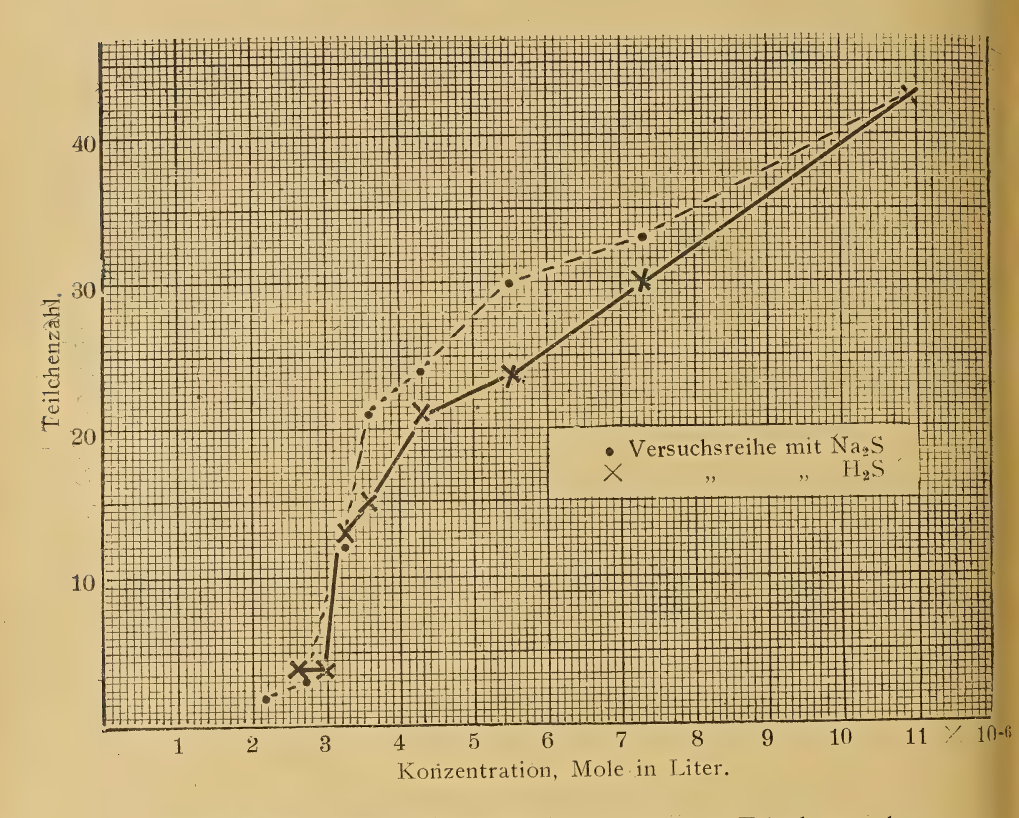
telt, als derjenigen Konzentration, bei welcher die Teilchenzahl plötzlich auf den Betrag fällt, den die Komponenten vor der Vermischung aufweisen. Die folgende Figur läßt diesen Sprung deutlich hervortreten. Er fällt bei beiden Versuchsreihen auf nahezu denselben Wert von etwa $3{,}3 \times 10^{-6}$ Molen im Liter, der mit dem von Biltz ermittelten, $5{,}5 \times 10^{-6}$, befriedigend und mit dem früher von mir (6) aus Leitfähigkeitsmessungen erschlossenen, $3{,}5 \times 10^{-6}$, ausgezeichnet übereinstimmt. Bei den Versuchen mit Schwefelwasserstoff wurde bei der Konzentration $3{,}25 \times 10^{-6}$ Mole gerade genau der Löslichkeitswert getroffen, da bei 13° die Teilchenzahl 12—13 betrug, bei Steigen der Temperatur auf 14,5° infolge Strahlung der Bogenlampe auf etwa 4 sank, um bei Kühlen des Reaktionsgemisches durch Leitungswasser wieder auf den früheren hohen Wert zu steigen.

Tabelle 3

Konzentration Mole i. Liter		Teilchenzahl bei Anwendung von:		
$Pb(NO_3)_2$	Na_2S bezw. H_2S	Na_2S	H_2S	
$10{,}9 \times 10^{-6}$	$10{,}9 \times 10^{-6}$	42	42	
7,3	7,3	33	30	
5,5	5,5	30	24	
4,3	4,3	24	21	
3,6	3,6	21	15	
3,25	3,25	12	13	
2,98	2,98	—	4	von den Komponenten nicht verschieden.
2,72	2,72	3	4	
2,18	2,18	2	—	
10,9	2,18	ca. 1	—	
10,9	2,72		4—5	
220,0	2,72		4—5	

Nach Feststellung dieser Löslichkeitskonzentration in reinem Wasser — genau genommen einer $NaNO_3$-Lösung — habe ich dann Sulfidlösungen von einer Konzentration, die dicht unter der Löslichkeitskonzentration lag, mit Bleinitratlösungen von erheblich höheren Konzentrationen in ganz den gleichen Mengen und derselben Weise wie zuvor vermischt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den letzten drei Horizontalreihen der Tabelle 3 enthalten. Ein Einfluß der im Ueberschuß zugesetzten Bleiionen — auch der sehr erheblichen im letzten Versuch — ist nicht erkennbar. Würden die zugesetzten Bleiionen zu einer Ueberschreitung der Löslichkeitsgrenze, also zur Ausfällung von Bleisulfid, geführt haben, so hätte

die Teilchenzahl auf etwa 10 steigen müssen. Das negative Ergebnis dieser Versuche steht also mit der zu prüfenden Hypothese im Einklang.



2. Das Potential von Bleisulfid — Elektroden in Natriumsulfid — und Bleinitratlösungen.

Für die Potentialmessungen habe ich wiederum Bleisulfid als Untersuchungsobjekt gewählt, weil — vergl. Tabelle 1 — die früheren Messungen an dieser Verbindung stark von einander abweichen und z. T. ganz und garnicht mit den „Löslichkeitsprodukten“ in Einklang zu bringen sind, sodaß Bruner und Zawadzki (11) bezüglich der Beobachtungsergebnisse Bernfelds (1) annehmen, sie seien durch Rechen- oder Druckfehler entstellt. Ich schöpfte aus diesem Tatbestand die Hoffnung, daß in dem metallisch leitenden Bleisulfid eine Elektrode vorliegen könne, deren Potential durch die Konzentration complexer Blei-

Schwefel-Ionen, nicht aber der einfachen atomaren Bleiionen bestimmt werde.

Die Bleisulfid-Elektrode wurde an einem durch Paraffin isolierten Halter in ein Becherglas getaucht, das den Elektrolyten enthielt, gegen den die Spannung ermittelt werden sollte. Durch Wollfäden war diese Lösung unter Zwischenschaltung eines Gefäßes mit $^1/_{10}$ n KCl-Lösung mit der Lösung einer $^1/_{10}$ n. Kalomel-Elektrode verbunden. Die E. K. der so gebildeten Kette wurde mit einem Quadrantenelektrometer nach Dolezalek bestimmt, das in der Quadrantenschaltung verwendet wurde, und dessen Nadel — mangels einer geeigneten Batterie — durch den Städtischen Leitungsstrom auf 50 Volt aufgeladen war. Infolge der Inconstanz dieser Nadelladung konnten keine Messungen von allzu hoher Präzision ausgeführt werden, doch war für den vorliegenden Zweck die Genauigkeit ausreichend. Die Eichung der Elektrometerausschläge erfolgte durch ein Weston-Normalelement. Durch einen geeigneten Umschalter konnten kurz nach einander die Quadranten des Elektrometers geerdet, die Pole des Westonelementes, wie die der Versuchskette an die Quadranten angeschlossen werden. Alle Apparaturen waren durch Paraffin isoliert und standen auf geerdeten Metalluntersätzen.

Als erste Versuchselektrode benutzte ich Bleiglanz von Laasphe, der mir in großen plattenförmigen Einzelkristallen zur Verfügung stand. Der Kristall wurde mit dem Zuleitungsdraht durch Einpressen seines einen Endes in chemisch reines Blei verbunden. Tabelle 4 gibt die Messungsergebnisse wieder, die mit dieser Elektrode in an Bleisulfid gesättigten Natriumsulfidlösungen erhalten wurden. Die Angaben sind absolute Potentiale, d. h. es ist von — 0,613 Volt die beobachtete Potentialdifferenz abgezogen. Die Bleiglanzelektrode war bei allen Konzentrationen der negative Pol der Kette. Den von mir gemesenen Werten sind zum Vergleich die Bernfeld's zur Seite gestellt. Die Uebereinstimmung ist eine so gute, daß die Annahme Bruners, daß die Bernfeld'schen Werte durch Rechen- oder Druckfehler entstellt seien, als irrig erwiesen ist.

Aus dem von mir in $^1/_1$ n. Na_2 S-Lösung gefundenen Potentialwerte 0,188 berechnet sich — wenn man diese Berechnung durchführt, um das Ergebnis mit dem anderer Autoren zu vergleichen — die Bleiionen-Konzentration zu 2×10^{-12}, wenn man das Potential des Bleis gegen die $^1/_1$ n-Kalomelelektrode mit 0,403 annimmt. Bernfeld's entsprechender Wert 0,196 Volt führt zu $1{,}1 \times 10^{-12}$. Nimmt man die S''-Konzentration in der $^1/_1$ n. Na_2 S-Lösung nach Knox (7) mit 0,09 an, so berechnet sich das Ionenprodukt $[Pb^{\cdot\cdot}]$

[S″] = 1,8 bezw. $1,0 \times 10^{-13}$. Aus den Potentialmessungen Bernfeld's in $^1/_{10}$ bezw. $^1/_1$ n., an H_2S gesättigter Na SH-Lösung ergeben sich für dieses Ionenprodukt die Werte 1,8 bezw. $2,7 \times 10^{-13}$.

Tabelle 4

Konzentration der Na_2S-Lösung mol. norm.	Absol. Potential. Weigel.	Absol. Potential. Bernfeld.
$\frac{1}{64}$		0,076
$\frac{1}{40}$	+ 0,080	
$\frac{1}{32}$		0,096
$\frac{1}{20}$	+ 0,113	
$\frac{1}{16}$		0,114
$\frac{1}{8}$	+ 0,141	0,140
$\frac{1}{1}$	+ 0,188	0,196

Im Wesentlichen die gleichen Ergebnisse erhielt ich bei Anwendung von künstlichen Bleisulfidelektroden, die nach Bernfeld's Vorschrift durch Elektrolyse hergestellt waren. In $^1/_8$ n Na_2S-Lösung war das absolute Potential 0,145, in $^1/_1$ n-Lösung 0,214. Auch beim Eintauchen von chemisch reinem Blei in $^1/_8$ n. Na_2S-Lösung erhielt ich den nahe übereinstimmenden Wert 0,138.

Danach habe ich das Potential derselben Bleiglanzelektrode, die zu den Versuchen in Na_2S gedient hatte, in Bleinitratlösungen bestimmt. Die Ergebnisse enthält die Tabelle 5. Unter Skalenteilen sind die abgelesenen Skalenteile des Elektrometerausschlages (mm. der Skala), unter Volt die daraus berechnete E. K. der Kette Bleiglanz — $^1/_{10}$ Normalelektrode eingetragen. Wenn man berücksichtigt, daß die auftretenden Diffusionspotentiale in den angegebenen Werten noch enthalten sind, so ist aus der Tabelle 5 der Schluß zu ziehen, daß die Konzentration der Pb-Ionen nicht in merklichem Maße das Potential der Elektrode beeinflußt. Es ist daher natürlich auch unzulässig, aus dem Potential einen Schluß auf die $Pb^{··}$-Konzentration in der Lösung zu ziehen.

Die Löslichkeitsuntersuchung wie die Potentialmessungen weisen demnach darauf hin, daß das Bleisulfid ganz überwiegend kom-

Tabelle 5.

Konzentration mol. norm.	Skalenteile	Volt	
$\frac{1}{1000}$	4	0,0113	
$\frac{1}{100}$	6	0,0170	Bleiglanz = negativer Pol
$\frac{1}{10}$	3,5	0,0099	
$\frac{1}{1}$	4,5	0,0127	Bleiglanz = positiver Pol der Kette.

plexe Kationen in Lösung sendet, neben deren Konzentration die der einfachen Bleiionen zu vernachlässigen ist. Ich möchte hier heute noch nicht auf die Frage eingehen, warum ich glaube, daß auch die Anionen der Sulfide überwiegend komplex sind. Ich werde auf diesen Punkt zurückkommen, sobald weitere experimentelle Untersuchungen zuverlässigere Anhaltspunkte ergeben haben, als sie mir heute vorliegen.

Zusammenfassung.

Aus dem in der Literatur vorliegenden Tatsachenmaterial und aus den hier wiedergegebenen Versuchen kann, wie ich glaube, mit einiger Wahrscheinlichkeit der Schluß gezogen werden, daß die Schwermetallsulfide in wässriger Lösung stufenweise dissozieren, und daß der weitaus größte Teil des Gelösten in Form complexer Ionen vorliegt und nur ein verschwindend kleiner in Form der einfachen, atomaren Ionen. Die Möglichkeit, aus Schwermetallsalzlösungen durch Zusatz von Schwefelionen die Metallionen so weitgehend zu entfernen, wie es die ermittelten „Löslichkeitsprodukte“ und die praktische Erfahrung lehren, beruht dann nicht so sehr auf der Schwerlöslichkeit der Sulfide als vor allem auf ihrer sehr starken Tendenz zur Bildung complexer Ionen.

Bei dieser Auffassung wird es erklärlich, warum die „Löslichkeitsprodukte“, wie vor allem Bruner und Zawadzki sie ermittelt haben, mit den experimentellen Bestimmungen der Gesamtlöslichkeit nicht übereinstimmen wollen; denn sie umfassen eben nur einen verschwindend kleinen Teil der Gesamtlöslichkeit. Es wird auch erklärlich, warum die Berechnung der Haftintensität des Schwefels mit Hilfe der Bodländer'schen Formel wohl gelingt mit den Bruner'schen „Löslichkeitsprodukten“, aber nicht mit den Gesamtlöslichkeiten, denn für die letzteren kommen komplexe.

uns zur Zeit noch unbekannte Ionen inbetracht. Und es wird auch verständlich, daß die Hydrosyse des Bleisulfids nach den Untersuchungen von v. Hevesy und Paneth so sehr viel kleiner zu sein scheint als die in Kapitel I angestellten Berechnungen ergaben, denn diese Berechnungen waren unter der Voraussetzung von Blei- und Schwefel-Ionen durchgeführt.

Ich halte es für durchaus notwendig, daß die hier aufgestellte Hypothese durch weitere experimentelle Untersuchungen geprüft wird. Ich habe diese aber auf spätere Zeit verschoben, bis eine Apparatur fertig gestellt sein wird, die zur weiteren Erforschung der Bildungsverhältnisse der Erze dienen soll, zugleich aber auch für den vorliegenden Zweck sehr geeignet ist.

Meinem verehrten Herrn Kollegen A. Thiel möchte ich für manchen wertvollen Rat und vielfache Auskunft, den Herren cand. phil. St. Reiner und E. Steinhoff für ihre Hilfe bei der mühevollen Herstellung der zahlreichen Normallösungen meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis.

1. J. Bernfeld, Z. phys. Chem. *25* (1898), 46.
2. Cl. Immerwahr, Z. Elektrochem. 7 (1901), 478.
3. W. Böttger, Z. phys. Chem. *46* (1903), 521.
4. R. Lucas, Z. anorg. Chem. *41* (1904), 193.
5. R. G. van Name, Z. anorg. Chem. *39* (1904), 108.
6. O. Weigel, Nachr. Ges. Wiss. Göttingen 1906, 1.
7. J. Knox, Z. Elektrochem. *12* (1906), 477.
8. Schaefer, Dissert. Leipzig 1906.
9. W. Biltz, Z. phys. Chem. *58* (1907), 288.
10. St. Glixelli, Z. anorg. Chem. *55* (1907), 297.
11. L. Bruner und J. Zawadzki, Z. anorg. Chem. *65* (1910), 136.
12. L. Rolla, Gazz. chim. *43*, II (1913), 545.
13. G. v. Hevesy und F. Paneth, Z. anorg. Chem. *82* (1913), 323.
14. Pleißner und Auerbach, Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt *26* (1907), Heft 3.
15. P. v. Groth, Tabellarische Übersicht der Mineralien 1898, 19.
16. Beutell und Matzke, Zentralbl. f. Min. 1915, 263.
17. A. Thiel und H. Gessner, Z. anorg. Chem. *86* (1914), 1.
18. K. A. Hofmann, Lehrb. d. anorg. Chemie, 1919, 512.
19. P. Niggli, Lehrb. d. Mineralogie 1920, 328.
20. A. Miolati, Abeggs Handb. anorg. Chemie IV, 2 (1913), 723.

In der Sitzung vom 13. Juli hielt Herr A. Thiel folgende Vorträge:

1. Disglomeration und autogene Bleibaumbildung (ein Nachtrag).

Im vorigen Jahre habe ich über Versuche berichtet[1]), durch welche die vermeintliche Allotropie des Bleis auf eine eigenartige, von mir Disglomeration genannte Zerfallserscheinung zurückgeführt wurde, die unter geeigneten Bedingungen bei jedem beliebigen regulinischen Metall und sonstigen aus dem Schmelzfluß erstarrten Massen zu erwarten ist. Sie findet ihre Ursache in einem chemischen Angriff der Gefügebestandteile, bei dem die Zwischensubstanz (Eutektikum) rascher aufgelöst wird, als die Krystalliten. Letztere werden auf diese Weise isoliert und bilden als grobes, krystallinisches Pulver das Endprodukt der Disglomeration. Außer am Blei konnte ich schon früher Disglomeration am Kupfer beobachten. Als weiteres Beispiel hat sich inzwischen das (weiße, gewöhnliche) Zinn hinzugesellt. Stangenzinn, das während der Kriegsjahre unter einer Lösung von Zinnchlorür in lose verstöpselter Flasche gestanden hatte, erwies sich als stark disglomeriert. Angreifendes Reagens ist hier offenbar das durch Luftoxydation gebildete Stannichlorid gewesen. An eine Umwandlung in graues Zinn ist nicht zu denken, da die Temperatur niemals für längere Zeit die hierfür erforderlichen tiefen Werte erreicht haben kann, auch das Aussehen des Zinnpulvers mit aller Sicherheit auf Krystalliten des gewöhnlichen, weißen Zinns hinweist (Demonstration).

Die im vorigen Jahre geäußerte Vermutung, daß die Akkumulatorenpraxis wichtige Beiträge zur Entscheidung der Frage nach dem Auftreten von Allotropie beim Blei müßte liefern können, hat sich vollkommen bestätigt. Im Laboratorium der Akkumulatorenfabrik A.-G. in Hagen ist der Bleizerfall nach Heller ebenfalls eingehend studiert worden. Das Ergebnis der dortigen Versuche deckt sich mit dem der meinigen. Durch das freundliche Entgegenkommen der Hagener Firma und insbesondere des Laboratoriumsvorstandes, Herrn Dr. A. E. Lange, bin ich in der Lage, ein sehr schönes Präparat von elektrolytisch disglomeriertem Blei sowie eine Reihe von Abzügen metallographischer Aufnahmen vorzulegen, die u. a. den allmählichen Fortschritt der Disglomeration unter Hellerscher Lösung mit aller Deutlichkeit zeigen (Demonstration).

1) Marburger Sitzungsberichte *1920*, 1; Berichte d. d. Chem. Ges. *53*, 1052; 1066 (1920).

Der Hagener Fabrik verdanke ich auch einige Bleireguli, in denen durch ganz langsame Abkühlung besonders große Krystalliten (z. T. von mehreren Zentimetern Länge und Dicke) erzeugt wurden. Die Präparate lassen nach der Disglomeration die einzelnen Riesenkrystalliten deutlich erkennen (Demonstration).

An diesem Material habe ich nun neuerdings die im vorigen Jahre in Aussicht gestellten Versuche über das Verhalten einheitlicher Krystalliten hinsichtlich des Angriffs durch disglomerierende Reagentien und hinsichtlich der autogenen Bleibaumbildung ausgeführt.

Aus besonders großen Krystalliten wurden Stücke von geeigneter Größe und Form herausgesägt (die Disglomeration führte hier zu keinem völligen Zerfall der Reguli, da das Eindringen der Lösung in die natürlich außerordentlich tiefen Zwischenräume zwischen den Krystalliten nur überaus langsam erfolgt und zudem die einzelnen Krystalliten sich vielfach ineinander verzahnt erwiesen, sodaß eine Trennung ohne Verletzung häufig unmöglich war). Diese Proben wurden teils dem Angriff Hellerscher Lösung bei Zimmertemperatur ausgesetzt, teils unter mit Salpetersäure angesäuerter Bleinitratlösung auf autogene Bleibaumbildung (in der ubiquitären Form) geprüft. Es wurde erwartet, daß der chemische Angriff durch die Hellersche Lösung ohne jegliche Zerfallserscheinung vor sich gehen würde, da ja hier von Disglomeration (mangels des Vorhandenseins von Zwischensubstanz) keine Rede sein kann. Wider Erwarten wurde aber außer der Entstehung von tiefen, regelmäßig angeordneten Aetzgruben auch noch eine umfangreiche Zerstörung der Oberflächenpartieen des Metalls unter Bildung eines ziemlich feinen, aus unregelmäßig geformten, in der Größe aber ziemlich gleichartigen Körnern bestehenden Metallpulvers beobachtet. Hand in Hand damit ging die Abscheidung eines Ueberzugs (von basischen Bleisalzen) auf der Oberfläche des Metalls.

Auch hinsichtlich der Neigung zur ubiquitären Form der autogenen Bleibaumbildung boten dieselben Präparate Ueberraschendes. Es war angenommen worden, daß die Entstehung besonders bleiionenarmer Lösung in den durch die Auflösung der Zwischensubstanz entstehenden Spalten Ursache für das Auftreten zahlreicher, regellos auf der Oberfläche des Metalls zerstreuter (ubiquitärer) Lokalelemente und somit notwendige Voraussetzung für die ubiquitäre Form der autogenen Bleibaumbildung sei.

War diese Auffassung richtig, dann durfte die in Rede

stehende Erscheinung an Stücken homogener Krystalliten nicht auftreten.

Tatsächlich wurde nun aber regelmäßig ganz charakteristische ubiquitäre Bleibaumbildung beobachtet, sodaß die frühere Annahme, Disglomeration sei Voraussetzung dafür, aufgegeben werden muß.

Eine neue Erklärung für das ubiquitäre Auftreten des autogenen Bleibaums ergab sich aber sogleich aus der weiteren Beobachtung, daß die Bleibäume regelmäßig erst dann erschienen, wenn die Metalloberfläche den ersten feinen Anflug basischer Bleisalze zeigte. Es bedarf kaum näherer Auseinandersetzung, daß eine solche Schutzschicht geeignet erscheint, Teile der Oberfläche des Metalls vor dem Zutritt ionenreicher Bleinitratlösung weitgehend zu schützen und die Ausbildung einer vorwiegend Bleinitrit enthaltenden und daher bleiionenarmen Flüssigkeitsschicht zwischen Metall und Deckschicht zu ermöglichen. Wächst dann an irgend einer Stelle, die zufällig noch durchlässiger ist, ein Bleibaumkeim, so wird dieser die Hülle (falls dort eine solche schon vorhanden ist) durchbrechen und dann unter Entfaltung nach Breite und Höhe in die freie Lösung hineinwachsen. In der Tat lehrte die Untersuchung mit dem bewaffneten Auge, daß die Bleibäume im allgemeinen mit sehr zarten Wurzeln der metallischen Unterlage aufsitzen. Daraus erklärt sich ungezwungen auch die immer wieder beobachtete Erscheinung, daß ein Versuch, ein mit Bleibäumen bewachsenes Metall durch Behandlung mit verdünnten Säuren von dem Ueberzug der basischen Salze zu befreien, fast regelmäßig zur Zerstörung des Phänomens führt, indem die Bleibäume durch sich ansetzende Gasblasen angehoben und von der Unterlage abgerissen werden. Bessere Ergebnisse lassen sich durch Behandlung mit starker Alkalilauge erzielen, weil hier die Gasentwicklung unterbleibt.

Daß übrigens der Ueberzug auf dem Metall keinen vollkommenen Abschluß gegen die Lösung bewirkt (der ja die Ausbildung von Lokalelementen und somit die Entstehung von Bleibäumen verhindern würde), vielmehr nur die Diffusion stark herabsetzt — die konvektive Zuführung von Bleinitrat dürfte freilich gänzlich unterbunden werden —, ergibt sich daraus, daß die Dicke des Ueberzuges noch dauernd zunimmt, das Metall also augenscheinlich durch den Ueberzug hindurch langsam weiter mit der Lösung reagiert.

Die Salzhaut ist nun fernerhin zweifellos auch daran schuld, daß die Auflösung der homogenen Krystalliten in der Nitratlösung nicht in der erwarteten glatten Weise, sondern unter Abbröckelung

eines feinen Metallpulvers erfolgt. An sich muß ja das Herausfallen einzelner Brocken aus der in Auflösung befindlichen homogenen Krystalloberfläche unverständlich erscheinen. Die Salzhaut bildet nun wahrscheinlich Schutzdecken auf den zwischen den Aetzgruben stehen bleibenden Leisten, und so entstehen pilzartige, der allmählichen Unterschneidung und Ablösung anheimfallende Metallsäulchen, welche das oben erwähnte relativ (verglichen mit dem groben Pulver disglomerierter Reguli) feine Metallpulver bilden.

So erklärt sich denn das zunächst unerwartete Verhalten homogener Krystalliten bei den Disglomerierungsversuchen wie bei den Versuchen über autogene Bleibaumbildung ungezwungen durch die Mitwirkung einer Schutzhaut aus basischen Bleisalzen. Daß diese auch bei den analogen Erscheinungen an regulinischem (disglomerierbarem) Blei in Betracht kommen kann, bedarf wohl keiner Auseinandersetzung.

Endlich wurde bei den Versuchen, den Salzüberzug durch Alkalilauge abzulösen, zufällig eine Beobachtung gemacht, die vielleicht besonderes Interesse beansprucht. Als ein mit Lauge vorbehandeltes Krystallitenstück zur endgiltigen Reinigung noch in verdünnte Ueberchlorsäurelösung eingehängt wurde, bildeten sich Schlieren schwererer, offenbar bleiperchlorathaltiger Lösung, die vom Metall nach dem Boden des Gefäßes herabfielen. Nach kurzer Zeit wuchsen unter der Wirkung kurzgeschlossener Ionenkonzentrationsketten längs diesen Schlieren mehrere einzelne Bleifäden, vermutlich trichitisch ausgebildete Bleikrystalle, die sich mit großer Geschwindigkeit verlängerten und bis zum Boden durchwuchsen. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß eine solche Krystallisation längs Konzentrationsschlieren ein allgemeiner anwendbares Verfahren zur Erzeugung haarförmiger Einzelkrystalle von Metallen liefert. Die nähere Untersuchung des Phänomens ist in Aussicht genommen (Demonstration der haarförmigen Bleikrystalle).

2. Ueber die Bestimmung der Dampfdichte nach dem Verfahren von Gay-Lussac-Hofmann.

Die Gay-Lussacsche Methode der Dampfdichtebestimmung ist in der eleganten Modifikation, die ihr A. W. Hofmann gegeben hat, zwar eine beliebte Demonstrationsmethode, jedoch ungeeignet für die Ausführung von Präzisionsmessungen. Hieran ist im wesentlichen die Verwendung der „Hofmannschen Fläschchen“ schuld, welche bei leichtflüchtigen Substanzen (z. B. Aether) grobe Fehler verursachen kann. Weiterhin ist die Aufgabe, das

Vergasungsrohr vor dem Versuche von Gasresten völlig zu befreien, nicht ganz leicht zu lösen, jedenfalls bei der üblichen Anordnung mühsam.

Die Hofmannschen Fläschchen sind denn auch bei neueren Arbeiten nach dieser Methode [1]) durch verschlossene oder mit kapillarer Oeffnung versehene Kügelchen ersetzt worden, namentlich bei Versuchen mit leichtflüchtigen Stoffen.

Eigene Vorlesungsversuche legten mir eine Abänderung des gebräuchlichen Verfahren nahe, welche die Einführung zugeschmolzener Kügelchen in das Verdampfungsrohr, auch bei Messungen der Dampfdichte bei Zimmertemperatur, ferner die Füllung mit Quecksilber n a c h Beschickung des Rohres mit der Substanz, und zwar unter vollkommenem Ausschluß von Luftspuren, endlich Messungen mit derselben Substanzmenge unter verschiedenen Drucken gestattet.

Im Verlaufe längerer Vorversuche entstand dann eine Apparatur, deren genaue Beschreibung hier unterbleiben und einem späteren Berichte über die Ergebnisse systematischer Untersuchungen damit vorbehalten werden möge.

Das Prinzip ist kurz folgendes: Das geteilte Verdampfungsrohr erhält am oberen Ende einen Schliffstopfen mit Quecksilberdichtung. Durch ihn kann das Rohr mit einer Hochvakuumpumpe evakuiert werden. Die Substanz wird in einem zugeschmolzenen Glaskügelchen vor dem Evakuieren eingeführt und nach dem Auspumpen und Füllen mit Quecksilber durch Zertrümmern des Kügelchens mit Hilfe eines magnetischen Hammers in Freiheit gesetzt. Die Quecksilberwanne, in der das Rohr steht, befindet sich selbst wieder in einem evakuierbaren Gefäß (Vakuumexsikkator). Dadurch wird erreicht, daß entsprechend der Aenderung des über der Quecksilberwanne befindlichen Luftdrucks auch der Druck im Verdampfungsrohre in ziemlich weiten Grenzen verändert und damit eine ganze Reihe von Messungen bei verschiedenen Drucken mit derselben Substanzmenge angestellt werden kann.

Die Apparatur (Demonstration) wurde bisher nur für Versuche bei Zmmertemperatur eingerichtet und erprobt. Ihre Verwendung zu Versuchen mit Heizung durch Flüssigkeitsdämpfe dürfte kaum grundsätzlichen Schwierigkeiten begegnen.

Ueber die in Aussicht genommenen Versuche zur Ausführung von Präzisionsbestimmungen der Dampfdichte soll später berichtet werden.

---

1) *W. Ramsay* und *B. D. Steele*, Ztschr. f. physik. Chem. *44*, 348 (1903); s. a. *M. Reinganum*, ebenda *48*, 697 (1904).

3. Demonstration eines vielseitig verwendbaren Projektionsapparates.

Der Projektionsapparat des physikalisch-chemischen Instituts, von der Firma E. Leitz - Wetzlar, geliefert, gestattet die diaskopische Projektion von Diapositiven in der Vergrößerung 20-, 10- und 5fach, die diaskopische Projektion von vertikalen Versuchsanordnungen in 10- und in 5facher Vergrößerung, episkopische Projektion, Mikroprojektion und Spektralprojektion. Beim Übergange von der einen zur anderen Projektionsart braucht der Episkopkasten in keinem Falle abgenommen zu werden. Der Apparat wurde in Tätigkeit vorgeführt (Projektion von Bildern und Versuchen aus verschiedenen Gebieten der physikalischen Chemie).

F. B, Hofmann:

Ein Modell des Froschherzens.

Für die Ausführung von Untersuchungen über die Funktion des intrakardialen Nervensystems ist es eine unerläßliche Voraussetzung, daß man sich zuerst eine genaue Kenntnis der topographischen Verhältnisse desselben verschafft. Zum Studium dieser Verhältnisse am Froschherzen (vor allem an Rana esculenta) unterband ich zunächst die großen Venen in möglichster Entfernung vom Herzen und füllte letzteres sodann von der Aorta her prall mit Osmiumsäure oder starker Flemming'scher Lösung. Nach deren Einwirkung wurde ausgewässert, und das Herz wiederum in stark gedehntem Zustand in Alkohol gehärtet. Das nunmehr in Diastole fixierte Herz wurde dann mit Zelloidin umgeben und darin durch einen hinter dem Bulbus cordis frontal durch die Vorhöfe gelegten Schnitt derart eröffnet, daß man die Vorhofshöhlung bequem überblicken konnte. Durch einen zweiten Frontalschnitt wurde sodann die hintere Sinuswand abgekappt, und auf diese Weise ein Einblick in den Venensinus von hinten her ermöglicht. Ein anderes Übersichtsbild erhielt ich dadurch, daß ich durch einen mitten durch das Sinus-Vorhof-Ostium geführten Sagittalschnitt die Scheidewand in ihrer ganzen Ausdehnung von rechts her sichtbar machte. Die Bilder, die man so bei Lupenvergrößerung erhält, sind in meiner Abhandlung über das intrakardiale Nervensystem des Frosches (His' Archiv f. Anat., 1902) in den Figg. 5 bis 7 auf Tafel III wiedergegeben. Um aber die ziemlich verwickelten topographischen Verhältnisse bequem demonstrieren zu können, fertigte ich nach diesen Präparaten ferner ein größeres Modell an, das die mich besonders interessierenden Teile des Froschherzens, nämlich den Venensinus, die Sinus-Vorhof-Grenze und die Scheidewand möglichst genau darstellt. Den Bulbus cordis und die vordere Wand der Vorhöfe ließ ich weg, sodaß man von vorne her in die Vorhöfe hineinblickt, etwa so, wie es in Figur 5 der zitierten Abhandlung abgebildet ist. Ferner machte ich auf der Rückseite des Venensinus ein Fenster, das einen Einblick in den Venensinus gewährt. Um einen festen Grund für das Modell zu schaffen, wurden am Ventrikel keine Einzelheiten mehr dargestellt, sondern die Gesamtgestalt der Ventrikelbasis als solide Masse angelegt.

Das Modell ist in sagittaler Richtung in zwei Teile zerlegbar, sodaß man nach dem Auseinandernehmen derselben von rechts her auf die ganze Scheidewand blicken kann in ähnlicher Weise, wie in Figur 7 meiner zitierten Abhandlung. Auf die Scheidewand

zeichnete sich nach meinen Präparaten den Verlauf der intrakardialen Vaguszweige, ihren Übergang in die Scheidewandnerven und die letzteren selbst ein. Man kann dann ohne jede Schwierigkeit die Lage dieser Nerven, sowie die der Remak'schen, Ludwig'schen und Bidder'schen Ganglien demonstrieren. An dem in Figur 7 nicht gezeichneten seitlichen Stück des Modells befindet sich die leitende Verbindung zwischen Sinus und Vorhof, durch die nach dem Wegschneiden der Remak'schen, Ganglien und der Scheidewandnerven die Erregung nach wie vor vom Sinus über den Vorhof zum Ventrikel geleitet wird.

Neben dieser Orientierung über die Lage der Hauptstränge des intrakardialen Nervensystems gibt das Modell ferner noch Aufschluß über das Verhalten der Klappen am Sinus-Vorhof-Ostium. Die beiden Klappen bilden gegen das Ostium zu konkave Bögen, deren gegen die Scheidewand hin gerichtete Schenkel in Muskelbündel übergehen, die ich in der zitierten Abhandlung S. 64 ff. genauer beschrieben habe. Wenn sich diese Muskelbündel kontrahieren, werden sie die Klappen gegen einander ziehen und ihre Bogen abflachen, etwa so, wie sich die beiden Augenlider beim Lidschluß einander nähern. Während sich aber die Augenlider mit ihren freien Rändern beim Lidschluß dicht aneinander legen, sind die Sinusvorhofklappen so angeordnet, daß ihre gegen die Scheidewand hin gerichteten Enden nach vorne und hinten auseinander weichen: Die obere zieht mehr ventralwärts, die untere mehr dorsalwärts. Zwischen beiden liegt ein schmaler Teil des Septums, auf dem die beiden Scheidewandnerven dicht unterhalb des Remak'schen Ganglions eine kurze Strecke weit ungefähr parallel zu einander verlaufen und dabei unter spiraliger Drehung von der Rechts-Links-Lage in eine angenähert dorso-ventrale Lage übergehen (Übergang des linken Vagusastes in den hinteren, des rechten in den vorderen Scheidewandnerven, vergl. meine oben zitierte Abhandlung S. 65). Das rührt daher, daß sich die ventrale Fläche des Pulmonalvenensinus ebenfalls spiralig dreht und sich in die etwa sagittale Vorhofsscheidewand fortsetzt. Wenn sich nun die Muskelbündel der Klappen kontrahieren, so werden sich demnach die medialen (gegen die Scheidewand hin gerichteten) Schenkel der Klappen hintereinander vorbeibewegen, und es ist anzunehmen, daß durch den Innendruck im Vorhof der mediale Teil der oberen Klappe nach hinten an den medialen Teil der unteren Klappe angedrückt wird, wodurch ein besonders fester Verschluß des Sinus-Vorhof-Ostiums gewährleistet werden kann. Natürlich gehört dazu ferner, daß nicht etwa der laterale Verbindungswinkel der Klappen gegen die Scheidewand hin verzogen wird. Das wird nach Gaupp's Annahme verhindert durch die Muskelzüge, welche von diesem Winkel seitlich in die äußere Vorhofswand einstrahlen, und die wie ein

tensor valvularum wirken, dabei selbstverständlich auch zur Abflachung des Bogens der Klappen beitragen.

Daß dieser für das Froschherz wahrscheinliche Mechanismus der Sinus-Vorhof-Klappen verallgemeinert werden kann, ist wohl nicht anzunehmen, weil nach den Angaben der Autoren bei anderen Tieren die anatomischen Verhältnisse anders gestaltet sind, als beim Frosch. Dagegen ist eine überwiegende Mitwirkung der Muskulatur für den Abschluß der Vorhöfe gegen die Venen zu — im Gegensatz zum Verhalten der Atrioventrikular- und Semilunarklappen — wohl bei allen Wirbeltierklassen anzunehmen.

Kopien des Modells können vom Bildhauer Steger in Leipzig (Talstraße) bezogen werden. Den Verlauf der Scheidewandnerven muß man allerdings nach den Abbildungen meiner Abhandlung selbst einzeichnen.

Die Differenzierung der hessischen Basalte und der Trachydolerit.

Von A. Schwantke.

Es ist durch die geographische Lage ganz natürlich, daß der Basalt von Marburg aus seit langer Zeit wissenschaftlicher Forschung ein Objekt des Studiums gewesen ist. Schon in dem ersten Bande der Schriften dieser Gesellschaft findet sich eine Abhandlung von J. F. C. Hessel und es ist nicht ohne Interesse, darin zu sehen, wie dieser sich über die vulkanische Natur vollkommen klar war und sein Interesse den Erscheinungen der Absonderung zuwandte, die uns auch heut noch ein Problem sind.

In der neueren Zeit hat sich auf dem Grunde einer mustergültigen Untersuchung des als Mineralfundstätte alt berühmten Stempels durch Max Bauer[1]) von Marburg aus unter seiner Leitung eine große Reihe von Einzeluntersuchungen auf das ganze Gebiet der niederhessischen Basaltvorkommen erstreckt. Unterstützt wurden diese grundlegend durch die zusammenfassenden Untersuchungen von F. Rinne[2]) über die norddeutschen Basalte. Im gleichen Sinne, schon vorausgehend, sind die Arbeiten von A. Streng[3]) in dem Hauptgebiete vulkanischer Tätigkeit, dem Vogelsberg, maßgebend für die von Marburg ausgehenden Arbeiten geworden. Eine geradlinige Fortsetzung der Untersuchungen von A. Streng bilden die gegenwärtigen Arbeiten von W. Schottler[4]) mit den Resultaten der geologischen Kartierung dieses Vulkangebietes. Hier wird es aber sehr charakteristisch, daß die Wege der Forschungsart, wie sie in den von Marburg ausgehenden Arbeiten eingeschlagen sind, sich von dem Wege W. Schottlers unterscheiden. Den Marburger Untersuchungen fehlt das geologische Fundament einer genauen geologischen Altersbestimmung. Für die einzelpetrographische Untersuchung beschränkter Vorkommen wie Stempel, Amöneburg u. a. kann es entbehrlich erscheinen, soweit sich aus dem Zusammenhange der vulkanischen Massen die inneren Beziehungen direkt ergeben. Nur die Untersuchungen von

1. Der Basalt vom Stempel bei Marburg. Neues Jahrbuch f. Min. 1891 II. 156 und 231.
2. Jahrbuch d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt für 1895. 3; für 1897. 3.
3. Übersicht über die eruptiven Gesteine der Sektion Gießen. Notizblatt d. Ver. f. Erdkunde z. Darmstadt. IV. Folge, 11. Heft. 1890. 18. und andere Arbeiten zitiert in 4.
4. Der Vogelsberg, sein Untergrund und Oberbau. Braunschweig 1920. Hier die weitere Literatur.

K. Schloßmacher[5]) im Habichtswalde konnten sich auf die Resultate neuerer Kartierung der Preußischen Geologischen Landesanstalt stützen. Für das ganze Gebiet von Neustadt bis Cassel gilt aber, daß die einschlägigen Untersuchungen das zeitliche Alter der Ergüsse regional gegeneinander nicht berücksichtigen konnten. So ist es ganz naturgemäß erklärlich, daß die Resultate der Untersuchungen dahin konvergieren, den petrographischen Einzelcharakter der auftretenden Basaltarten festzustellen. Das Resultat ist eine erhebliche Menge von Basalttypen, die durch die Kartierung ihrer regionalen Verbreitung auch einen wertvollen Anhalt für die neuzeitliche geologische Kartierung bieten, so wie die Sache aber zunächst liegt, in das Ganze eine nahezu verwirrende Mannigfaltigkeit bringen. Dazu kommt noch, daß die Nomenklatur der betreffenden Arbeiten historisch mit dem Ausbau der speziellen petrographischen Literatur (insbesondere mit dem System von H. Rosenbusch) fortschreitet und daß die jüngsten Arbeiten sich mit einer dahingehenden Besprechung der in den älteren Arbeiten auftretenden Basalttypen nicht befassen. So entsteht z. B. der Eindruck, daß in der Gegend der Trachydolerite grundverschiedene Gesteine vorliegen wie etwa im Ebsdorfer Grunde. Es kann gar nicht genug hervorgehoben werden, daß dies nicht der Fall ist und daß es ein Gebot der dringenden Notwendigkeit ist, alle diese verschiedenen Basalttypen in der großen Einheit des ganzen Gebietes zusammen zu übersehen, wenn man mit Aussicht auf irgend welchen Erfolg einen Einblick sowohl nach der zeitlich geologischen wie nach der petrographisch-chemischen Seite des Zusammenhanges gewinnen will.

In neuester Zeit sind es die Resultate der geologischen Kartierung der einschlägigen Blätter des niederhessischen Basaltgebietes durch M. Blanckenhorn, die eine Möglichkeit gewähren, die auch vulkanologisch wichtige Frage des geologischen Alters in dieser Typenmannigfaltigkeit zu diskutieren. Ganz anders liegen die Verhältnisse aufgrund der Untersuchungen von W. Schottler im Vogelsberg. Hier werden die Basalte geologisch nach vier Eruptionsphasen gegliedert und abgesehen von einigen Leucit und Nephelin führenden Typen u. dergl. wird im wesentlichen eine solche petrographische Spezialgliederung wie in den Marburger Arbeiten nicht vorgenommen, ohne aber — was wieder hervorgehoben werden muß — daß damit gesagt sein soll, daß die Marburger Typen im ganzen Bereiche des Vogelsberges nicht vorkommen. Ein Beispiel dafür liefert die Aufnahme der Preußischen Geologischen Landesanstalt durch E. Kayser und W. Paeckel-

5. Die Eruptivgesteine des Habichtswaldes b. Kassel. N. Jahrb. f. Min Beil. Bd. XXXI. 1911. 641.

mann Blatt Niederwalgern, die sich — vom Standpunkt geologischer Kartierung wohl mit Recht — der anstoßenden Kartierung der Hessischen Landesanstalt auch in der Nomenklatur angeschlossen hat. Die Basalte selbst sind aber durchaus nicht von den in der älteren Arbeit von F. A. Hoffmann[6]) beschriebenen Basalten des Ebsdorfer Grundes grundsätzlich verschieden.

Allerdings liegen auch der Nomenklatur von W. Schottler petrographisch-chemische Gesichtspunkte zugrunde, indem — abgesehen von den wertvollen Einzelanalysen der einzelnen Vorkommen — ganz besonders der schon von A. Streng klar erkannte Unterschied der kieselsäurereichen Dolerite (Trapp nach W. Schottler) von den kieselsäureärmeren gewöhnlichen Basalten auch zur geologischen Unterscheidung verwendet wird. Die geologische Kartierung des westlichen Vogelsberges hat hier ein vulkanologisch sehr interessantes Resultat ergeben, indem auf weite Erstreckung hin solche chemische Differenzierung auch einer zeitlich geologischen entspricht. Hier sind aber die beiden Wege (der hessischen und der Marburger Nomenklatur) einstweilen gänzlich getrennt, denn es zeigt sich z. B. am Leidenhöfer Kopf auf Blatt Niederwalgern, daß sich auch die Begriffe Trapp der geologischen Karte und Dolerit der Marburger Arbeiten keineswegs decken und daß auch weiterhin unter der gleichalterigen Phasenbezeichnung Basalte zusammengefaßt sind, die im niederhessischen Gebiet streng unterschieden werden. Das scheint ziemlich hoffnungslos, aber im Gegenteil werden beide Wege erst zum Ziel führen. Dann ist aber vor allem erforderlich und ein Gebot der Stunde, daß durch eine vergleichende petrographische Zusammenstellung der wirklich gleichen Typen beider Gebiete der nur scheinbare Unterschied der niederhessischen und der Basalte des Vogelsberges in den großen Gesamtzügen verschwindet, daß aber andererseits dann die chemisch-petrographische Einzeluntersuchung im Zusammenhang mit der geologisch-vulkanologischen etwaige wirkliche Verschiedenheiten aufdecken kann.

Solche Verschiedenheiten sind wohl vorhanden. Im niederhessischen Gebiet die Enstatitdolerite und die Trachydolerite. Gerade bei den zuletzt genannten ist es aber mehr als fraglich, ob sie nicht auch in den Vogelsberg hinein ihre Vertreter haben. Die Aussonderung dieser Gesteine unter den niederhessischen Basalten ist ganz besonders aufgrund des fortschreitenden Systems von H. Rosenbusch erst in den letzten Marburger Arbeiten durchgeführt, besonders in der Arbeit von K. Schloßmacher (a. a.

6. Diss. Marburg. N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. X. 1895. 196.

O.) über den Habichtswald. In der Tat liegen hier die als shonkinitische Trachydolerite beschriebenen Gesteine in einer besonders charakteristisch entwickelten Ausprägung vor, die ihre Heraushebung — im Sinne der Marburger Nomenklatur — aus den anderen Basaltarten durchaus rechtfertigt. Berücksichtigt man aber das ganze Gebiet, so sieht man sie nicht so isoliert in der ganzen Typenmenge wie sie scheinen. Schon im Habichtswald weist der Zusammenhang mit den sogenannten basaltoiden Trachydoleriten einen Weg. Auffallend war die Isolierung bisher hauptsächlich durch die mitgeteilte im Laboratorium von M. Dittrich angefertigte Analyse. Danach hat das Gestein die Zusammensetzung unter Nr. 15a der untenstehenden Tabelle. Auffallend an der Analyse ist der Tonerdegehalt, der in der Tat bei der Umrechnung nach Osann dazu führen mußte, die Alkalien im reinen Alkalifeldspat gebunden zu sehen. Das würde diese shonkinitischen Trachydolerite von den anderen Basalten grundsätzlich unterscheiden. Geht man aber den Gesteinen in ihren Anklängen im ganzen Basaltgebiet nach, so findet man z. B. sehr charakteristisch die Anzeichen einer Verwandtschaft mit basanitoiden Typen, die aber chemisch in ihrem Tonerdegehalt eine gänzlich andere Stellung einnehmen. Eine gemeinsame Beziehung des Originalgesteins vom Habichtswald mit den basanitoiden Basalten erweist schon die Möglichkeit, durch Behandeln von Dünnschliff oder Pulver mit sehr verdünnter HCl eine erhebliche Menge von NaCl-Würfelchen zu erhalten. Das kommt von der vorhandenen leicht zersetzbaren „Glasbasis", beweist aber ebenfalls, daß nicht alle Alkalien im „Orthoklas" stecken können. Vorversuche und eine neue Analyse des im Besitze des Marburger Instituts befindlichen Original-Handstücks der Dittrich'schen Analyse haben die Aufklärung gebracht. Die neue Analyse, angefertigt im Laboratorium des Marburger mineralogischen Instituts (Al_2O_3 nach den neuesten Methoden aus der Differenz bestimmt), die ich Herrn Cand. chem. St. Reiner verdanke, ergab die Zusammensetzung unter Nr. 16. Die Analysen stimmen so augenfällig überein, daß man wohl an eine unglückselige Verwechslung der Ziffern von Al_2O_3 und MgO denken muß.*) Nun aber reiht sich auch der shonkinitische Trachydolerit von Wilhelmshöhe viel enger und ganz natürlich in die Zahl der anderen verwandten Basalt-

*) Schon vor dem Kriege sah ich meine theoretisch und durch HCl-Versuche angeregten Zweifel durch Partialanalysen bestätigt, die zwar die gleiche Menge SiO_2 aber erheblich mehr Al_2O_3 ergaben. Aber weder der Autor noch das Dittrich'sche Laboratorium (M. Dittrich war leider kurz vorher gestorben) konnten auf meine Anfrage hin die Sache aufklären.

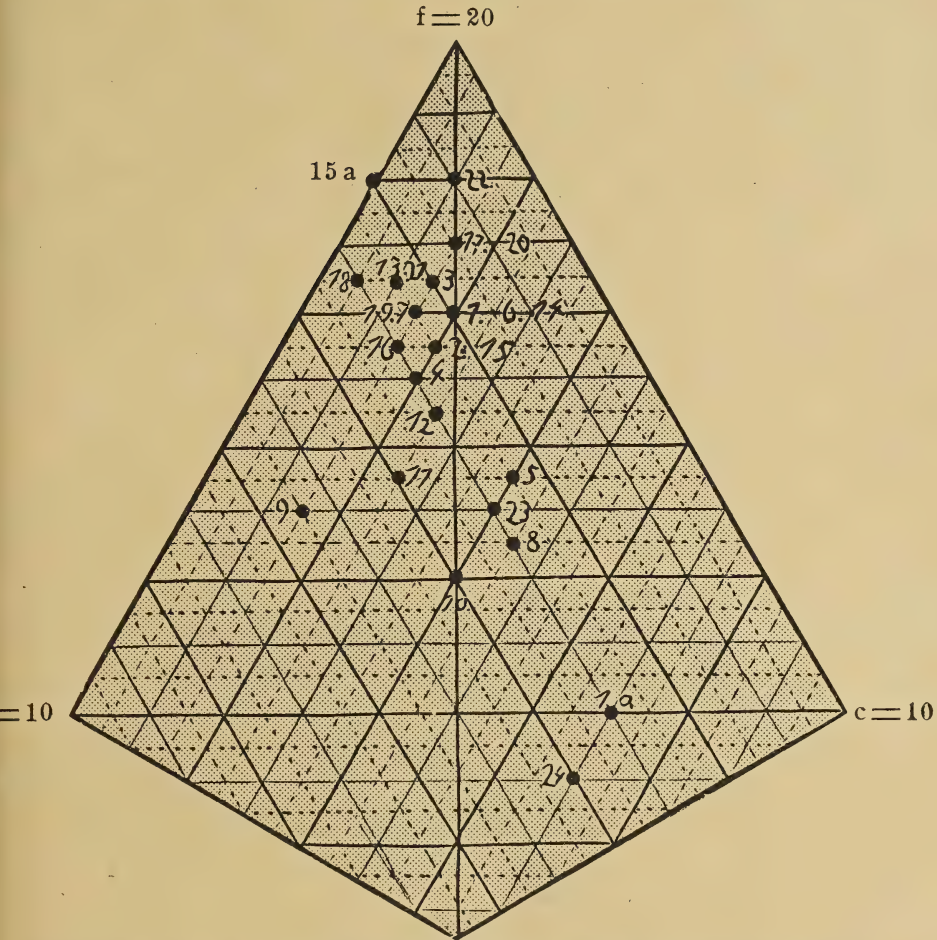
typen ein. Nach der Umstellung der Ziffern bei der angenommenen Verwechselung würden die Osann'schen Größen statt a = 2, c = 0, f = 18 lauten: a = 2.5, c = 2, f = 15.5 und damit z. B. abgesehen von den durch die Berechnungsart und Abrundung verwischten Unterschieden übereinstimmen mit der Analyse Nr. 2 der Bramburg im Reinhardswald. Die Werte nach der Analyse von St. Reiner berechnet lauten a = 3, c = 1.5, f = 15.5.

Je größer die Zahl der zuverlässigen Analysen unserer Basalte wird, umsomehr zeigt sich, daß solche rein petrographisch aufgestellten Typen chemisch beträchtlich variieren können, so daß bei einer Pauschalberechnung wie eben auch im Gesamtverhalten erheblich verschiedene Gesteine zusammenfallen und bei anderen gemeinsame Züge verwischt werden. Den einen Wert wird aber im Sinne einer so einheitlich zusammengehörigen Gruppe von Gesteinen diese Berechnung behalten, daß sie in großen Zügen über die Frage einer inneren chemischen Verwandtschaft ein einigermaßen richtiges Bild geben kann. Im Nachstehenden sind einige Analysen verschiedener Basalttypen im Sinne der Marburger Nomenklatur zum Vergleich zusammengestellt.

Die Analysen sind, wie sie sie eben bietet, der Literatur entnommen, da ist es gewiß kein Zufall, daß die Punkte der Osann'schen Projektion im Bereich einer großen Gruppe eng in- und durcheinander fallen. Jetzt machen gerade auch die shonkinitischen Trachydolerite keine Ausnahme, viel mehr fallen die Analysen der beiden basaltoiden Trachydolerite heraus (Aufmerksamkeit verdient auch die mit ihnen herausfallende Analyse der doleritischen Modifikation vom Bühl bei Kassel) und ganz typisch zeigen sich in ihrer Besonderheit die Enstatitdolerite. Der Limburgit der Limburg ist tatsächlich auch von den hessischen Limburgiten sehr verschieden. Da wir hier vom Kieselsäuregehalt absehen, fallen zusammen der Limburgit der Schauenburg mit dem Leucitbasalt vom Schwengeberg, der Limburgit vom Hahn bei Holzhausen mit dem shonkinitischen Trachydolerit vom Güntersberg, der shonkinitische Trachydolerit vom Hunrodsberg mit dem Basalt vom Stempel und dem Dolerit von Londorf.

Gerade die beiden zuletzt genannten sind ganz typisch für die Charakteristk der echten Basalte einerseits und der Dolerite andererseits, also so zu sagen die Repräsentanten dieser innerhalb der Basalte durch ihren abweichenden Kieselsäuregehalt so verschiedenen Arten. Es ist nur eine verschiedene Ausdrucksweise, wenn man bei diesem Zusammenfallen der chemischen Charakteristik entweder die Verwandtschaft oder die Differenzierung in dem Umfange des Zugehörigkeitsbereiches betont. Historisch ist die Ent-

wicklung der Eruptivgesteinspetrographie wohl so zu charakterisieren, daß man die Erscheinungen der Differentiation zunächst im Bereiche der Tiefen- und Intrusivgesteine verfolgte, wogegen die Differentiation der Effusivgesteine weniger betont worden ist. Das ist berechtigt, wenn wir den Zeitpunkt der Abspaltung in jene Tiefe



verlegen und die Ergußformen als in sich fertige Schmelzen dieses Prozesses aufsteigen lassen. Es mehren sich aber die Anzeichen, daß wir eine solche Differenzierung auch im Bereich der im engeren Sinne vulkanischen Periode vor uns haben. Das wird praktisch von ganz besonderer Bedeutung, da wir an den Oberflächenergüssen viel mehr die Gelegenheit haben, nicht nur das Nebeneinander sondern auch das Auseinander zu beobachten.

Analysen.

Nr.	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O	Summe	a	c	f	Literatur
1	46.14	1.07	13.10		10.56	12.55	9.97	2.61	2.02	1.46	1.02	100.50	2	2	16	M. Bauer, N. Jahrb. f. Min. 1891. II. 159
1a	50.37	2.62	19.09	3.43	6.43	1.24	8.75	2.64	1.34	0.34	4.58	100.83	3	7	10	A. Schwantke, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 39. 1914, 565.
2	48.27	2.23	14.00	3.30	8.59	8.63	8.58	3.66	1.98	0.55	—	99.79	2.5	2	15.5	K. Apel, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 38 1914. 545, 548.
3	45.80	2.09	10.13	3.93	6.95	12.48	9.52	2.60	1.90	1.84	2.71	99.95	2	1.5	16.5	R. Bernges, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 31. 1911. 632.
4	49.92	2.07	13.28	10.52	5.64	3.25	8.17	4.09	0.90	0.87	0.61	99.22	3	2	15	K. Guyot, Dissert. Marburg 1915. p. 15.
5	53.83	1.73	15.85	6.87	4.09	5.56	7.68	3.02	0.72	0.26	0.84	100.45	2.5	4	13.5	K. Schloßmacher, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 31. 1911. 665, 666.
6	49.08	1.82	13.43	6.49	5.92	9.58	8.92	3.42	1.00	0.51	0.32	100.49	2	2	16	H. Rosenbusch, Elemente d. Gesteinslehre. 3. Aufl. p. 399, 442.
7	50.21	—	14.24	—	11.90	8.67	7.84	3.92	0.66	—	2.01	99.45	2.5	1.5	16	
8	51.68	1.56	20.12	5.17	1.08	4.10	6.49	3.36	1.56	1.11	4.30	100.53	3	4.5	12.5	C. Trenzen, N. Jahrb. f. Min. 1902. II. 14.
9	53.60	1.98	14.43	1.62	8.70	0.41	8.00	5.61	2.03	0.16	2.02	99.56	5.5	1.5	13	K. Apel, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 38. 1914. 546, 548.
10	54.62	1.26	16.42	3.92	7.88	2.08	7.23	4.23	1.35	0.83	1.24	101.06	4	4	12	K. Apel, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 38. 1914. 546, 548.
11	51.65	3.37	13.41	8.45	2.79	3.60	8.17	3.90	1.58	1.07	0.14	98.23	4	2.5	13.5	K. Apel, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 38. 1914. 545, 548.
12	47.67	2.56	14.83	5.01	6.34	5.50	9.31	3.49	1.57	0.20	1.91	99.39	3	2.5	14.5	K. Schloßmacher, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 31. 1911. 664, 666.
13	40.21	3.10	11.86	2.96	5.96	11.80	13.22	2.74	3.17	1.98	2.88	99.88	2,5	1	16.5	R. Bernges, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 31. 1911. 627.

No.	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O	Summe	a	c	f	Literatur
14	42.02	1.88	13.86	5.81	5.84	10.39	11.43	3.61	0.86	0.11	2.41	98.22	2	2	16	K. Schloßmacher, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 31. 1911. 665, 666.
15a	42.47	2.61	8.62	3.41	7.73	15.11	10.47	3.61	2.35	3.29	0.37	100.04	2	0	18	K. Schloßmacher, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 31. 1911. 666. (falsch).
15b	42.47	2.61	15.11	3.41	7.73	8.62	10.47	3.61	2.35	3.29	0.37	100.04	2.5	2	15.5	K. Schloßmacher, verbessert.
16	42.32	1.21	15.23	4.54	7.25	8.10	11.50	3.71	3.61	1.21	0.54	99.22	3	1.5	15.5	Analyse St. Reiner.
17	45.96	1.90	11.77	5.35	5.85	14.02	8.64	2.63	1.81	0.56	1.35	99.84	1.5	1 5	17	R. Bernges, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 31. 1911. 623.
18	42.80	2.36	12.49	4.32	6.06	7.62	10.43	4.33	2.75	1.77	4.92	99.85	3	0.5	16.5	R. Bernges, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 31. 1911. 633.
19	A. a. O. in Molekularprozenten.												2.5	1.5	16	A. Osann, Tscherm. min. u. petr. Mitt 20. Bd. 1901. 489.
20	42.32	2.17	12.11	4.97	6.13	15.21	9.78	2.66	1.92	0.26	2.17	99.70	1.5	1.5	17	R. Bernges, N. Jahrg. f. Min. Beil. Bd. 31. 1911. 631.
21	42.06	1.93	12.18	2.67	7.89	11.47	11.29	5.10	1.07	0.34	3.08	99.08	2.5	1	16.5	R. Bernges, N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 31. 1911. 634.
22	42.78	0.28	8.66	—	17.96	10.06	12.29	2.31	0.62	—	3.96	98.92	1	1	18	H. Rosenbusch, Elemente. 3. Aufl. 472. A. Osann, Tscherm. min u. petr. Mitt. 20. Bd. 1901. 499.
23	46.28	2.54	18.56	3.09	7.11	6.20	9.18	3.73	1.77	0.36	1.01	99.83	3	4	13	P. Ramdohr, Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanstalt für 1919. Bd. XL. 288.
24	52.24	1.61	18.66	4.85	2.80	2.56	7.33	3.24	1.65	0.44	3.93	99.31	4	7	9	P. Ramdohr, Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanstalt für 1919. Bd. XL. 304.

Basalt 1 Stempel, 2 Bramburg im Reinhardswald; 3 Burg bei Großenritte. Dolerit 1a Stempel; 4 Hoher Berg bei Ofleiden; 5 Bühl bei Cassel; 6 Londorf; 7 Steinheim. Enstatitdolerit 8 Kottenberg; 9 Kehreiche; 10 Sababurg. Basaltoider Trachydolerit 11 Staufenberg; 12 Hirzstein. Shonkinitischer Trachydolerit 13 Güntersberg; 14 Hunrodsberg; 15a Wilhelmshöhe falsch; 15b verbessert; 16 Wilhelmshöhe richtig. Leucitbasalt 17 Schwengeberg; 18 Teich; 19 Kungskopf. Limburgit 20 Schauenburg; 21 Hahn b. Holzhausen; 22 Limburg. — Blaue Kuppe 23 Basalt; 24 pneumatolytischer Dolerit.

Verf.[7]) hat versucht, seine Aufmerksamkeit unter den Basalten darauf zu richten. Den ersten Anhaltspunkt bot die Verschiedenheit der im Sinne von A. Streng weitergeführten Auseinanderhaltung der Basalte einerseits und der Dolerite andererseits. Auf derem chemischen Unterschiede (im wesentlichen im Kieselsäuregehalt) beruht ja auch die Unterscheidung von Trapp und Basalt im Sinne der oben besprochenen geologischen Kartierung. Mineralogisch ist auch der typische Dolerit durch sein Titaneisen und die charakteristische intersertale und ophitische Struktur von den gewöhnlichen Basalten deutlich unterschieden. Am Stempel fiel auf, daß unter den Auswürflingen der Tuffe eine erhebliche Zahl und gerade die großen blasigen Bomben Dolerit (Anal. 1a) sind, und in Amöneburg zeigte sich, daß der Basalt gerade an den Stellen, wo die Schmelze offensichtlich als Strom ausgebrochen ist, in der doleritischen Ausbildung vorliegt. Am Stempel ist gar kein Zweifel, daß es sich um einen einmaligen monogenen Vulkanausbruch handelt, und die Analogie mit den Beobachtungen in Amöneburg wird dadurch vollständig, daß auch die alten Stufen des blasigen Basaltes vom Stempel mit den Zeolithen, die man wohl wegen ihrer Masse nicht als einzelne Bomben sondern als stromartige Partien ansehen muß, gleichfalls Dolerit sind.

Ähnliche Beobachtungen des Auftretens verschiedener Basalttypen als gemeinsame Auswürflinge eines Tuffes kann man an anderen Orten machen, es ist aber hier kaum einwandfrei nachzuweisen, ob sie nicht älteren zeitlich verschiedenen darunter liegenden Ergüssen angehören. Günstiger sind Aufschlüsse, wie sie Verf. bei Rüdigheim (a. a. O. Taf. XXXII) beobachtete, wo die verschiedenen Basalttypen (hier Dolerit, Basalt und Limburgit) als Teile eines Ergusses auftreten. Solche Stellen sind allerdings von den gewöhnlichen homogenen Ergüssen eben durch ihre Inhomogenität unterschieden. Die Verwitterung greift die verschiedenen Basaltarten sehr verschieden stark an, so daß differenzierte Partien mehr als ihnen zukommt, als Einschlüsse erscheinen. Eine Differenzierung eines einheitlichen Ergusses bis zu dendritischen und variolitischen Formen, wie sie vom Verf. am Hohen Berge bei Ofleiden[8]) gefunden wurde, ist in ihrer Art zu singulär, um ohne weiteres mit solchen Differenzierungen wie der eben genannten zusammengestellt zu werden. Eine bessere Analogie bot das Vorkommen des Giesenbühl bei Borken.

---

7) Die Basalte der Gegend von Marburg. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil. Bd. XXXIX. 1914. 531.

8) Die Basalte der Gegend von Homberg a. d. Ohm etc. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil. Bd. XVIII. 1904. 460.

H. Wiegel[9]) konstatierte hier in dieser Gegend zwei verschiedene Basaltarten, einen älteren Enstatitdolerit und einen darüber liegenden jüngeren Dolerit, die besonders an dem Hauptvorkommen des Blumenhain übereinander liegen. Bei der geologischen Kartierung durch Herrn Professor Dr. Max Blanckenhorn erwies es sich als undurchführbar, beide gegeneinander abzugrenzen, da sie durchaus als die Ergüsse einer Eruptionsphase erscheinen. Auf seinen Wunsch habe ich eine nochmalige genaue Untersuchung dieser Vorkommen vorgenommen, da H. Wiegel ein so großes Gesamtgebiet zu bearbeiten hatte, daß eine auf zahlreiche Schliffe gestützte Untersuchung eines Spezialgebietes nicht möglich war. Es hat sich ergeben, daß die Verhältnisse von H. Wiegel ganz zutreffend geschildert worden sind, indem in der Tat, wie am Blumenhain, die tieferen Partien dem Enstatitdolerit angehören, während die höheren enstatitfrei sind. Das Gestein ist aber im übrigen so gleichartig, daß eine Unterscheidung genau erst im Dünnschliff zu treffen ist. Alles spricht für die Annahme einer Ergußphase. Sie können aber dann immer noch zeitlich nacheinander (wie H. Wiegel es annimmt) geflossen sein. Hier sind gerade die Verhältnisse des westlich isoliert gelegenen Giesenbühl von Interesse. H. Wiegel deutet es als Schlackenagglomerat des jüngeren Dolerits, in dem Brocken des älteren Enstatitdolerits als Einschlüsse liegen. Das ganze Bild des Aufschlusses gleicht aber den Verhältnissen bei Rüdigheim. Durch ganze Schliffserien kann man sehen, daß es sich um den Erguß einer besonders durch den wechselnden Blasengehalt sehr inhomogen erscheinenden Schmelze handelt. Die blasigen Zonen sind von der Verwitterung viel stärker angegriffen, so daß die blasenfreien Partien den Eindruck einschlußartiger Blöcke machen. Aber auch diese sind keineswegs immer Enstatitdolerit. Das ganze Bild läßt sich nicht anders deuten, als daß hier der Moment des Ausbruchs einer Schmelze vorliegt, in der gerade die Grenzbedingungen existierten, unter denen nach der einen Seite hin das Gestein als Enstatitdolerit, nach der anderen Seite hin als gewöhnlicher Dolerit auskristallisieren mußte. Der Fingerzeig nach der Ursache der Differenzierung scheint gegeben, indem gerade die blasigen Gesteinszonen die enstatitfreien sind, und es tritt zur Ergänzung die Beobachtung hinzu, die man am Blumenhain machen kann (die auch H. Wiegel 353/54 erwähnt), daß die blasigen Partien

9) Petrographische Untersuchung der Basalte des Schwälmerlandes bis an den Vogelsberg. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil. Bd. XXIII. 1907. 345.

im Enstatitdolerit z. T. enstatitfreier Dolerit sind. Wie können demnach vielleicht in dem Austritt der flüchtigen Komponenten den Grund sehen, der die Möglichkeit der Enstatitbildung abschneidet. Weitere Spekulationen darüber anzustellen, fehlt hier noch die Basis, wie schon die Überlegung ergibt, daß man sich unter bestimmten Annahmen auch das umgekehrte Verhalten bei der Kristallisation plausibel machen könnte.

Die Tatsache behält aber ihre Bedeutung, daß wir hier einem offenbaren Einfluß der flüchtigen Komponenten begegnen. Es ist durchaus folgerichtig, nun auch die Anwendung auf die Differenzierung des Dolerits aus dem Basalt zu machen, wenn wir am Stempel sehen, daß gerade die doleritischen Bomben bez. Laven das blasige Gestein sind. Der Abstand der Differenzierungsprodukte ist hier erheblich bedeutender (Analyse 1 und 1 a). Wenn wir in erster Linie auf den hohen Kieselsäuregehalt der Dolerite sehen wollen, so finden wir eine weitere Analogie in dem Basalt der Blauen Kuppe bei Eschwege, wo wir den Zusammenhang der Kieselsäure mit den flüchtigen Komponenten in der Auskristallisation von Tridymit und Cristobalit vor Augen haben. Der Basalt der Blauen Kuppe selbst fällt in der Projektion (Anal. 23) schon aus der Gruppe der eingetragenen hessischen Basalte heraus, was man im genetischen Zusammenhang mit dem Gestein der kleinen Kuppe und des dahin führenden Ganges beachten muß, auf den auch P. Ramdohr[10]) (p. 290) hinweist. Auf die eigentliche Stellung des Gesteins soll hier nicht eingegangen werden, da auch in der obigen Zusammenstellung der hessischen Basalte die nach den Nephelin- und Melilithbasalten hinführenden basanitoiden Typen nicht aufgenommen sind. Der zeitliche Zusammenhang der Ergüsse der Blauen Kuppe ist nicht festzustellen, aber der ganze Zusammenhang führt wohl dahin, auch hier genau wie unter den Balaltarten der Amöneburg Differentiationserscheinungen eines einheitlichen Herdes zu sehen. Im engeren Bereiche der Blauen Kuppe selbst sehen wir aber das ganz analoge Verhältnis wie am Stempel, wenn wir die Analysen des pneumatolytischen Gesteins (24), das in der Tat auch im Marburger Sinne ein Dolerit ist, mit der des Basaltes (23) und beide mit den entsprechenden (1 u. 1 a) am Stempel vergleichen. Den charakteristischen Ilmenitgehalt der Dolerite gegenüber dem Basalt können wir durch eine ähnliche Verknüpfung der TiO_2 mit den flüchtigen Komponenten erklären. Es verdient jedenfalls Beachtung, daß nach den Analysen von K.

10) Über die Blaue Kuppe bei Eschwege und benachbarte Basaltvorkommen. Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanst. für 1919. Bd. XL. 284.

Guyot[11]) der TiO_2-Gehalt der abnormen variolitischen etc. Differenzierungsformen des Dolerits des Hohen Berges bei Ofleiden etwa doppelt so hoch ist wie der des normalen Dolerits. Man beachte auch die Erhöhung des Gehaltes an TiO_2 und Al_2O_3 im Dolerit des Stempel.

Vom physikalisch-chemischen Standpunkt können wir in diesem Zusammenhang der Differenzierung abweichender Basaltarten unter Mitwirkung der flüchtigen Komponenten wohl das Beispiel eines retrograden Destillationsprozesses im Sinne von P. Niggli[12]) erblicken. Das bisher vorliegende Material ist noch zu spärlich, um weitergehende Schlüsse über die Verschiebung des Gleichgewichts in den Kristallisationsverhältnissen der betreffenden Gesteine zu machen. Jedenfalls ist es aber von der höchsten Bedeutung, daß wir hier die andere Seite des Prozesses vor uns haben und nicht die pneumatolytischen Produkte der weggegangenen flüchtigen Komponenten, sondern die Schmelzen selbst bei und nach dem Weggang bez. Freiwerden dieser beobachten. Wie weit wir den Einfluß solcher Prozesse weiterhin auf die anderen Differenzierungsprodukte verfolgen können, steht noch dahin. Hier ist zunächst noch ein anderer Weg zu durchschreiten, überall erst den inneren Differentiationszusammenhang der verschiedenen Basaltarten mit- und auseinander aufzuweisen, auf dem wir uns erst im Anfang befinden. Wir werden dann auch am besten aus dem erdrückenden Nebeneinander der zahlreichen Basalttypen heraus und anstelle des künstlichen chemischen zu einem natürlichen System gelangen. Es wird sich dann immer mehr zeigen, daß die Differentiationsvorgänge des effusiven Magmas das gleiche Interesse verdienen wie die der Tiefengesteine.

---

11) Der Dolerit des Hohen Berges b. Homberg a. d. Ohm. Dissertation Marburg 1915.

12) Über magmatische Destillationsvorgänge. Zeitschr. f. Vulkanologie. Bd. V. 1919. 61. Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma. Preisschriften d. Fürstl. Jablonowskischen Gesellsch. zu Leipzig. Bd. XLVII. 1920.

Ordentliche Sitzungen 1921.

A. Vorträge.

12. Januar im Physiologischen Institut:
   1. J. Gadamer, Biologisch-chemische Forschung auf dem Gebiet der Alkaloide.
   2. F. Hofmann, Ein Modell von Sinus und Vorhof des Froschherzens.

9. Februar im Zoologischen Institut;
   1. E. Korschelt, Die Zellkonstanz in gewissen Organen verschiedener Tiere.
   2. E. Korschelt, Über einige Arten Pentastomum und Porocephalus.

11. Mai im Geolog.-Paläontologischen Institut:
   1. R. Wedekind, Studien über die Korallenriffe des Rheinischen Gebirges.
   2. E. Vollbrecht (als Gast), Über den Bau einer devonischen Koralle (Cosmophyllum).

15. Juni im Mineralogischen Institut:
   O, Weigel, Über das Verhalten von Schwermetallsulfiden in wässriger Lösung.

13. Juli im Physik.-chemisehen Institut:
   1. A. Thiel, Disglomeration und autogene Bleibaumbildung.
   2. A. Thiel, Über die Bestimmung der Dampfdichte nach dem Verfahren von Gay-Lussac-Hofmann.
   3. Demonstration eines vielseitig verwendbaren Projektionsapparates.

9. November im Physikalischen Institut:
   1. E. Schäfer, Zur Erinnerung an Helmholtz (mit Versuchen).
   2. E. Schäfer, Führung durch das Physikalische Institut.

7. Dezember im Geolog.-Paläontologischen Institut:
   1. B. Wedekind, Bemerkungen über die Herstellung von Klischees. Demonstration der Klischees von Herrn Adorf.
   2. A. Schwantke, Die Differenzierung der hessischen Basalte und der Trachydolerit.

B. Wahlen.

In der Sitzung vom 1. Mai 1921 Wahl des Vorstandes. Ergebnis: Vorsitzender: Geh Rat F. Hofmann; stellvertretender Vorsitzender: Geh. Rat Gadamer; Beisitzer; Geh. Rat Tuczek, Prof. Weigel; Kassenführer: Prof. Thiel; Schriftenleiter: Prof. Wedekind; Schriftführer: Prof. Harms. — Zum ordentichen Mitglied gewählt: Prof. Wagner. Zum außerordentl. Mitglied gewählt: Dr. Benninghof. — 7. Dezember. Zum ordentlichen Mitglied gewählt: Herr Geh. Rat Uhlenhuth.





Sitzungsberichte

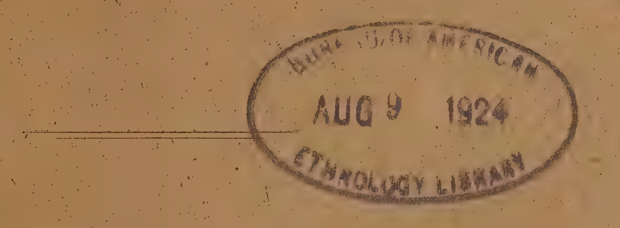
der

Gesellschaft zur Förderung der gesamten Naturwissenschaften

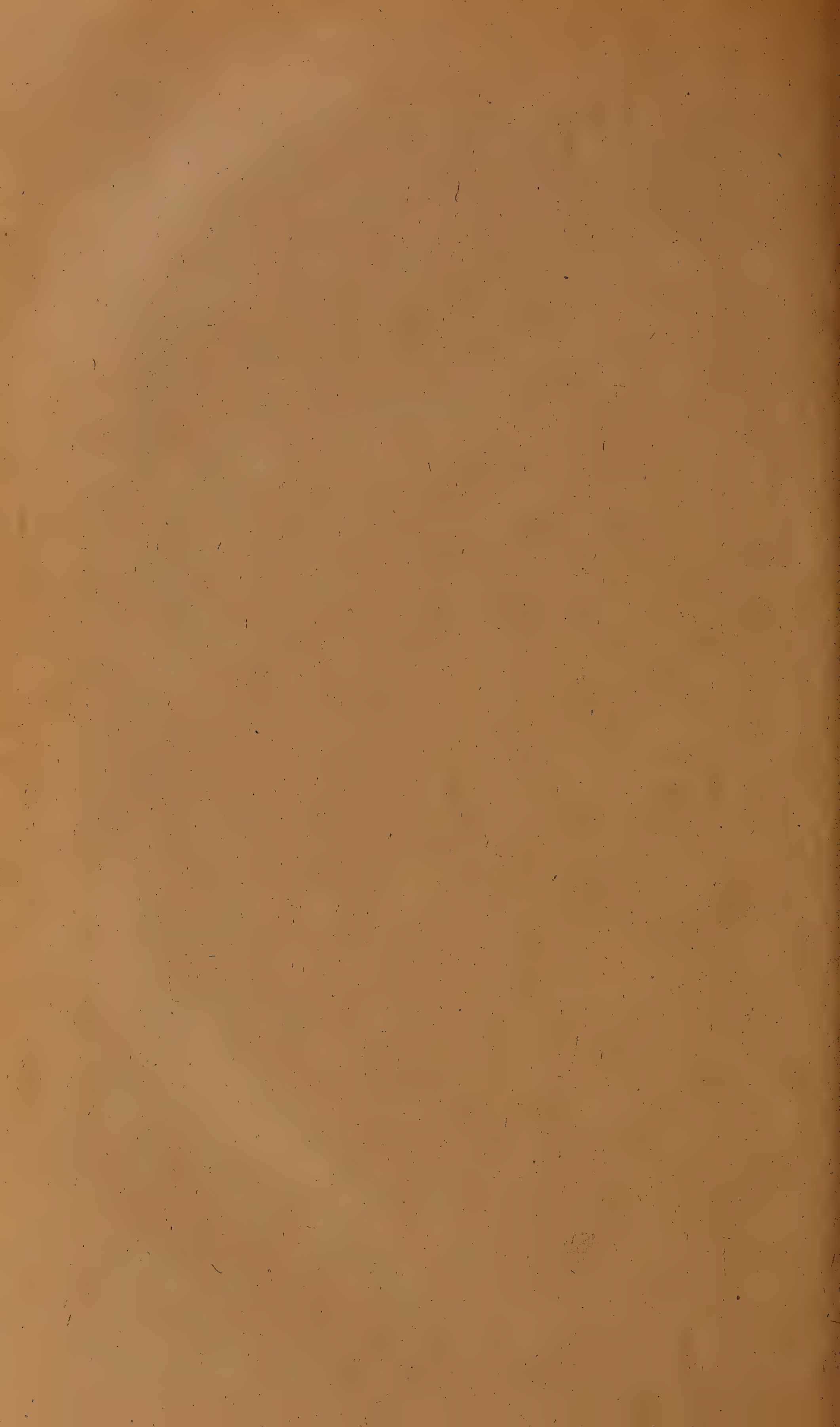
zu

Marburg

Jahrgang 1922 — 1. Teil



Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
1923.



Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1922



Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
1923.



Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg

Nr. 1 Januar 1922

Ueber die Konstitution des Corydalins.

Von J. Gadamer nach Versuchen mit F. v. Bruchhausen.

Vorgetragen in der Sitzung vom 11. I. 22 von F. v. Bruchhausen.

Redner weist darauf hin, daß dem Corydalin nicht die bisher als sicher angenommene Formel I zukommt, in der die Methyl-

OCH_3 OCH_3 H_2 N H_2 CH_3O CH_3O H_2 H CH_3

I

OCH_3 OCH_3 H CH_3 N H_2 CH_3O CH_3O H_2 H_2

II

gruppe in α-Stellung zum Stickstoff steht, sondern die Formel II mit der zum Stickstoff β-ständigen Methylgruppe. Der Beweis hierfür wurde erbracht durch die Einwirkung von Natronlauge auf Dehydrocorydalin, das hierbei gemäß der Cannizzaro'schen Reaktion in Oxydehydrocorydalin von F. 228—228,5^0 und Dihydrodehydrocorydalin übergeht. Damit ist bewiesen, daß in α-Stellung keine Methylgruppe sich befindet und nur noch die Formel II in Betracht kommen kann. Durch diese Formeländerung wird zugleich die Brücke zum Corycavin geschlagen, dessen Konstitutionsformel in letzter Zeit festgelegt werden konnte.

G. Bessau:

Moderne Tuberkuloseprobleme.

Vortrag, gehalten am 11. I. 1922 in einer vereinigten Sitzung der Marburger Gesellschaft zur Beförderung der Naturwissenschaften und des Marburger Ärzte-Vereins. (Auto-Referat.)

Der Koch'sche Fundamentalversuch beweist die Existenz eines spezifischen Tuberkulose-Schutzes. Dieser Schutz beruht nicht auf Antikörpern (Agglutinine, Präzipitine, komplementbindende Antikörper sind nachgewiesen, haben aber keine Beziehung zum spezifischen Schutz; Bakteriolysine sind nicht vorhanden — R. Pfeiffer'sche Schule (Baatz) entgegen Kraus-Hofer —; eine sonstige spezifische antiinfektiöse Serumwirkung ist bisher auch nicht als erwiesen zu betrachten); der spezifische Schutz geht nicht von der Mutter auf den Säugling über.

Wir beobachten beim tuberkuloseinfizierten Individuum das Phänomen der Tuberkulinempfindlichkeit. Dieses Phänomen (nicht zu verwechseln mit der Tuberkelbazillen-Eiweiß-Anaphylaxie) beruht nicht auf Antikörpern, selbst im Parabioseversuch überträgt es sich nicht (Römer und Köhler), es geht nicht von der Mutter auf den Säugling über.

Der Vergleich zwischen Serum- und Tuberkulinempfindlichkeit ergibt wichtige, z. T. grundsätzliche Unterschiede:

1. Symptomatologisch: Bei der Tuberkulinvergiftung vermissen wir den anaphylaktischen Choc und fast immer Exantheme, ein Verhalten, das vermutlich mit der Art der Giftentstehung bei der Tuberkulinempfindlichkeit zusammenhängen dürfte.

2. Wichtig ist, daß Serum antigen, Tuberkulin niemals antigen wirkt.

3. Wenn serum- und tuberkulinempfindliche Individuen in ihrer Empfindlichkeit gesteigert werden, ergeben sich durch Beobachtung der lokalen (lokal = am Orte der Darreichung) Empfindlichkeitsreaktionen Unterschiede:

a) zeitlich (bei der Steigerung der Tuberkulinempfindlichkeit fehlt oft jede Inkubation, bei der Steigerung der Serumempfindlichkeit ist stets eine Inkubation — in der Regel 5 Tage — nachweisbar).

b) quantitativ (die Tuberkulinempfindlichkeit steigt oft ganz langsam und allmählich, die Serumüberempfindlichkeit plötzlich-sprunghaft).

c) qualitativ (bei der Tuberkulin-Lokalreaktion liegt das Maximum der Entzündung stets im Zentrum, bei der Serumüberempfindlichkeit oft in der Peripherie: Phänomen der Kranzbildung).

4. Im weiteren Verlauf der Empfindlichkeit sehen wir bei täglicher Serum- bezw. Tuberkulinapplikation einen weiteren Unterschied auftreten: die Serumüberempfindlichkeit erlischt sehr schnell (Katanaphylaxie), die Tuberkulinempfindlichkeit bleibt bestehen (teleologisch bedeutsam).

5. Bei der Tuberkulinempfindlichkeit beobachten wir Herdreaktionen, bei der Serumüberempfindlichkeit unter keinen Umständen. (Lokale Tuberkulinreaktionen sind durch Tuberkulin zum Aufflammen zu bringen, lokale Serumreaktionen durch Serum nicht!)

Aus der Herdreaktion bei der Tuberkulinempfindlichkeit folgt, daß die Tuberkulinempfindlichkeit an das tuberkulöse Gewebe gebunden ist, an Zellen mit spezifischer Funktion (Tuberculocyten). Aus dieser Definition folgt, daß die verschiedenen Erscheinungsformen der Tuberkulinempfindlichkeit nicht die gleiche Bedeutung haben:

1. Die Herdreaktion ist der Ausdruck der Reaktion zwischen Tuberkulin und tuberkulösem Gewebe.

2. Die Allgemeinreaktion ist die Folge des bei der Herdreaktion entstehenden und in den Kreislauf gelangenden Giftes.

3. Die Lokalreaktion stellt einen auf Tuberkulinreiz neu entstandenen tuberkulösen Herd dar; Beweis:

a) histologisch: die Tuberkulin-Lokalreaktion enthält spezifisch-tuberkulöses Gewebe;

b) biologisch: sie gibt typische Herdreaktionen bei Herantritt von Tuberkulin.

Die Tuberkulinlokalreaktion ist also der Ausdruck des Vermögens, auf Tuberkulinreiz tuberkulöses Gewebe zu bilden.

Bei der Serumempfindlichkeit beobachten wir nur Lokal- und Allgemeinreaktionen. Beide haben im Prinzip die gleiche Bedeutung: sie sind Ausdruck der Antigen-Antikörper-Reaktion.

Bei der Tuberkulinempfindlichkeit besteht zwischen Allgemein- und Lokalreaktion kein Parallelismus: vorgeschrittene Fälle zeigen in der Regel starke Allgemeinempfindlichkeit (viel tuberkulöses Gewebe vorhanden) und oft schwache Lokalreaktionen (schwaches Vermögen auf spezifischen Reiz neues tuberkulöses Gewebe zu bilden, daneben wohl auch andere Ursachen); abgeheilte Fälle zeigen geringe Allgemeinempfindlichkeit (wenig tuberkulöses Gewebe vorhanden), dabei oft starke oder wenigstens leicht steigerbare Lokal-

empfindlichkeit. Aus diesen Ableitungen ergibt sich die verschiedene diagnostische Bedeutung der Lokal- und Allgemeinreaktion; es handelt sich hier nicht, wie es meist dargestellt wird, um verschiedene Grade der Feinheit dieser Reaktionen, sondern um Reaktionen von verschiedener Bedeutung.

Beziehung zum spezifischen Tuberkuloseschutz kann nur die lokale Tuberkulinempfindlichkeit haben: das dynamische Moment, die Fähigkeit spezifisches Gewebe zu bilden, nicht das statische Moment, die Menge des vorhandenen Gewebes, ist Maßstab des Schutzes. An die spezifisch erworbene Fähigkeit, auf eine Substanz des Tuberkelbazillus mit Entzündung zu reagieren, dürfen wir ohne weiteres die Vorstellung eines Schutzmechanismus knüpfen.

Ist die Tuberkulinempfindlichkeit ohne Tuberkuloseinfektion zu erzielen? Die Erzeugung der Allgemeinempfindlichkeit setzt eine größere Quantität tuberkulösen Gewebes voraus, deren Entstehung wohl nur durch Infektion möglich ist; für die Frage der Erzeugung des spezifischen Tuberkuloseschutzes ist bedeutsam die Frage der Hervorrufung der lokalen Tuberkulinempfindlichkeit, die der Ausdruck des Vermögens der Bildung spezifischen Gewebes ist.

Warum erzeugt Tuberkulin keine lokale Tuberkulinempfindlichkeit? Im Tuberkulin muß das „sensibilisierende" Agens enthalten sein, denn mit Tuberkulin läßt sich ja so oft eine bestehende lokale Tuberkulinempfindlichkeit steigern. Im übrigen, ist es a priori unwahrscheinlich, daß jemals eine Substanz A gegen eine Substanz B spezifisch empfindlich macht. Würde die Tuberkuloseempfindlichkeit auf Antikörpern beruhen, so würde sich mit Tuberkulin die Tuberkulinempfindlichkeit unschwer erzielen lassen. Die Tuberkulinempfindlichkeit setzt aber die Bildung spezifischen Gewebes voraus; es liegt nahe, anzunehmen, daß zu dieser Gewebsumstimmung das spezifische Agens längere Zeit an einer bestimmten Stelle im Gewebe liegen muß, um hier langsam diese Umstimmung zu erzwingen (entsprechend dem Vorgang bei der Infektion). Ist dann erst an irgend einer Stelle diese Gewebsumstimmung erfolgt, dann gewinnt der Körper die Fähigkeit, dieselbe auch auf den flüchtigen Tuberkulinreiz hin in Erscheinung treten zu lassen. Zur primären Erzeugung dieser Gewebsumstimmung dürfte das Tuberkulin deshalb ungeeignet sein, weil es zu leicht und zu schnell resorbiert wird. Die spezifische Substanz muß zur Erzeugung der lokalen Tuberkulinempfindlichkeit in möglichst unresorbierbarer Form eingebracht werden: mit vorsichtig abgetöteten Tuberkelbazillen (bekanntlich schwer resorbierbar), die in kleinen Dosen in die verschiedenen Gewebe (Cutis, Subcutis, Lunge, Milz, Leber, Bauchhöhle) des Meerschweinchens

gebracht wurden, ließ sich in einem Teil der Fälle starke lokale Empfindlichkeit erzielen. In jedem Versuch waren auch Fehlresultate zu verzeichnen. Am ungünstigsten waren die Ergebnisse bei intravenöser Injektion (zu starke Verteilung des spezifischen Agens), am günstigsten bei intraperitonealer (Erzeugung einer sterilen, makroskopisch und mikroskopisch typischen Netztuberkulose). Die Lokalempfindlichkeit bestand Wochen bis Monate. Die stärkst lokalempfindlichen Tiere zeigten keine nennenswerte Allgemeinempfindlichkeit (der Voraussetzung entsprechend), dagegen auf größere subcutan verabfolgte Tuberkulindosen typische Herdreaktionen an den Tuberkulinlokalreaktionen: biologischer Beweis, daß hier spezifisches Gewebe entstanden war.

Sind die Tiere, welche die lokale Tuberkulinempfindlichkeit erworben haben, spezifisch geschützt? Bisher nur ein Versuch, der in diesem Sinne spricht. Die Erzeugung der lokalen Tuberkulinempfindlichkeit dürfte die experimentelle Grundlage einer Tuberkulose-Schutzimpfung darstellen; über die Aussichten einer solchen beim Menschen läßt sich noch kein Urteil fällen.

Beim bereits tuberkulös infizierten Individuum läßt sich durch Tuberkulin ein günstiger Erfolg erzielen:

1. Durch Steigerung der Lokalempfindlichkeit. Durch Tuberkulinlokalreaktionen läßt sich eine solche erzielen bei inaktiven, bezw. abgeheilten Prozessen; bei aktiven, progressiven Erkrankungen ist eine Steigerung in der Regel nicht möglich. Der Kampf mit dem Tuberkelbazillus treibt den Organismus auf das im gegebenen Moment mögliche Maximum seiner lokalen Reaktionsfähigkeit, ein künstlich erzeugter Tuberkulinherd spielt gegenüber dem natürlichen Infektionsherd keine Rolle. Bei inaktiven Prozessen sinkt, sobald Makro- und Mikroorganismus außer Wechselwirkung treten, die Lokalempfindlichkeit ab, aber in einer Form, daß auf leichten Tuberkulinreiz die lokale Reaktionsfähigkeit sofort wieder gehoben wird. Die Steigerung der Lokalempfindlichkeit spielt also therapeutisch keine nennenswerte Rolle, sie ist aber in diagnostischer Hinsicht bedeutsam: leicht erzielbare starke Steigerung der Lokalempfindlichkeit spricht für ein inaktives Stadium der Tuberkulose (wenigstens im Kindesalter).

2. Durch Erzeugung von Herdreaktionen, d. h. durch Steigerung der Entzündung am tuberkulösen Herde. Hier liegt der Schwerpunkt der gewöhnlichen Tuberkulinbehandlung. Die Herdreaktion als solche ist als heilsam zu betrachten, aber: starke Herdreaktionen lösen Allgemeinreaktionen aus. Diese bedingen den Zustand der „Giftantianaphylaxie“. Die Giftantianaphylaxie, die unspezifisch auf alle Ueberempfindlichkeitszustände sich erstreckt,

wirkt schädlich (vergl. Masern!): sie hebt plötzlich und in hohem Grade die Tuberkulinempfindlichkeit auf und beraubt dadurch den Organismus des spezifischen Schutzes. Daher die wohlbegründete Furcht vor stärkeren Allgemeinreaktionen. — Bei Behandlung mit langsam steigenden Dosen ist auch das wirksame Moment die Herdreaktion, die unter der Schwelle klinischer Wahrnehmbarkeit verlaufen kann. Wird die Herdreaktion = 0, so sinkt die Tuberkulintherapie zur Scheinbehandlung herab. Eine eigentliche Immunisierung findet nicht statt. Zwar schwindet die Tuberkulinempfindlichkeit, ein Vorgang, der recht komplexer Natur sein dürfte: beim Sinken der Allgemeinempfindlichkeit kommt zunächst der Schwund tuberkulösen Gewebes in Frage (analog dem Vorgang bei der Spontanheilung der Tuberkulose); das Absinken der Lokalempfindlichkeit weicht von dem Verhalten bei der Spontanheilung ab: bei der letzteren bleibt die geschilderte Steigerungsfähigkeit bestehen, die nach Tuberkulinbehandlung fehlt. Was bedeutet diese Tuberkulinunempfindlichkeit? Höchstwahrscheinlich keinen eigentlichen Immunitätszustand, für den die theoretischen Voraussetzungen fehlen (die Pickert-Löwenstein'schen Antitoxine bestehen nicht!); auch zeigt zeitlich und quantitativ der Eintritt dieses Unempfindlichkeitszustandes wichtige Unterschiede gegenüber dem Eintritt von Immunitätszuständen. Teilweise handelt es sich wohl um Gift-Antianaphylaxie; dieser Teil ist unspezifisch (kürzlich durch klinische Beobachtungen von Ranke bestätigt); ein großer Teil ist spezifisch und möglicherweise ein Analogon der Katanaphylaxie bei der Serumüberempfindlichkeit. Wenn diese Tuberkulinlokalunempfindlichkeit mit klinisch günstigem Verhalten vereinbar ist, so liegt dies wohl daran, daß sich nur günstige Fälle in diesen Zustand versetzen lassen, bei denen am Schluß der Behandlung die tuberkulösen Herde gut abgekapselt sind. Ob sich wirklich mit dieser Tuberkulin-Lokalunempfindlichkeit ein höherer spezifischer Schutz verknüpft, als er bei bestehender Tuberkulin-Lokalempfindlichkeit vorhanden war, ist nicht erwiesen, das Gegenteil wahrscheinlich. Eine Entscheidung könnten nur Reinfektionsversuche bringen, die beim Menschen undurchführbar sind. Wochen oder Monate nach Abschluß der Tuberkulinbehandlung kehrt die Lokalempfindlichkeit allmählich zurück.

Die Tuberkulinbehandlung muß als ihr biologisches Ziel das erstreben, was wir bei der Spontanheilung der Tuberkulose sehen: möglichste Absenkung der Tuberkulin-Allgemeinempfindlichkeit als Ausdruck der Abheilung der tuberkulösen Herde, dabei möglichste Erhaltung der Lokalempfindlichkeit als Ausdruck des spezifischen Schutzes; wenn die Lokalempfindlichkeit absinkt, sollte sie wie bei der Spontanheilung leicht steigerbar bleiben. Einen derartigen teleo-

logisch sehr verständlichen) Zustand erzielt die Tuberkulinbehandlung bisher nicht. Sie vereinigt nützende (Herdreaktion) und schädigende (Giftantianaphylaxie, evtl. Katanaphylaxie) Momente. Es ist die Kunst des Therapeuten, den Nutzen gegenüber dem Schaden möglichst ergiebig zu gestalten.

Zwei Probleme sind unerwähnt geblieben, die heute die Literatur beherrschen, ohne einen Fortschritt zu bedeuten:

1. Die Theorie der Partigene. Eine Zerlegung der spezifischen Tuberkulinsubstanz in einzelne spezifische Anteile ist bisher nicht erwiesen, alle theoretischen und praktischen Schlußfolgerungen höchst zweifelhaft. Nach der dargelegten Auffassung handelt es sich wahrscheinlich darum, daß sie spezifische Substanz in möglichst unresorbierbarer Form („Rückstand") besonders geeignet ist zur lokalen Erzeugung spezifischen Gewebes, daß dieselbe Substanz in möglichst resorbierbarer Form („Lösung") sich besonders zur Erzeugung von Herdreaktionen eignet.

2. Die Immunisierung nach Friedmann. Bei Meerschweinchen erzeugen die Friedmann'schen Bazillen keine oder keine nennenswerte Tuberkulin-Lokalempfindlichkeit; sie haben hier also eine geringere biologische Aktivität als tote humane Bazillen. Nach Lust erzeugen sie nicht einmal eine Empfindlichkeit gegen Schildkrötentuberkulin. Sie sind also zur spezifischen Tuberkuloseprophylaxe denkbar ungeeignet. Für die Therapie bieten sie gegenüber dem Tuberkulin sicher keine Vorteile, wohl aber Nachteile; dem entsprechen die klinischen Erfahrungen.

Originalarbeiten: Jahrb. f. Kinderheilk. Bd. 79 u. 81. Münch. med. Wochenschr. 1915. Berl. klin. Wochenschr. 1916.

Manuskript eingegangen am 9. II. 22.

G. Bessau: **Moderne Tuberkuloseprobleme.**

Diskussionsbemerkung.

Uhlenhuth:

Wir können Herrn Professor Bessau besonders dankbar sein, daß er uns das schwierige Tuberkulose-Problem in so instruktiver Weise vorgetragen hat und uns über so wichtige Befunde berichtet hat, die für die weitere Erforschung der Tuberkulose von Bedeutung zu werden versprechen. — Ich stehe auf dem Standpunkt, daß es eine echte Immunität bei Tuberkulose nicht gibt. Ähnlich wie bei der Syphilis haben wir hier eine sogenannte „Infektionsimmunität“, d. h. eine relative Resistenz gegenüber einer Neu-Infektion, so lange lebende Tuberkelbazillen im Körper vorhanden sind. Es handelt sich also um eine Resistenz in einem Körper, bei dem die Infektion noch besteht, nicht wie bei andern Infektionskrankheiten um eine Immunität, bei der das Individuum die Krankheit überstanden hat. Diese Immunität beruht auf einer durch lebende Tuberkelbazillen erzeugte Umstimmung der Körperzellen, die wir als Überempfindlichkeit zu bezeichnen pflegen. Der sichtbare und experimentelle Ausdruck dieser Überempfindlichkeit ist die Tuberkulinreaktion, die vor allem als diagnostisches Mittel von bedeutendem Werte ist. Das Tuberkulin wirkt nicht auf die Tuberkelbazillen, sondern auf das tuberkulöse Gewebe, das mit entzündlichen Erscheinungen reagiert. Darauf beruht auch die Heilwirkung. Eine Immunisierung findet gegenüber der Tuberkulose infektion nicht statt. Eine prophylaktische Immunisierung mit Tuberkulinpräparaten gegenüber der Tuberkuloseinfektion ist im Experiment nicht gelungen; auch die Erfahrungen am Menschen sprechen dagegen. Die einzige Möglichkeit wäre, einen Schutz mit lebenden (abgeschwächten) Tuberkelbazillen zu erzielen. Hierher gehören die Versuche von Koch und Behring, die mit lebenden menschlichen Tuberkelbazillen beim Rinde, das ziemlich große Dosen von diesen ohne Schaden verträgt, einen gewissen Schutz gegen die natürliche und künstliche Infektion erzielt haben. Auf diesem Wege muß man weiter fortschreiten. Denn bisher waren die Erfahrungen in der Praxis nicht günstig. Vielleicht liegt dies an der zu geringen Dosierung. Wir haben in der letzten Zeit Rinder mit massiven Dosen (1—2 g) schwachvirulenter menschlicher und abgeschwächter boviner Tuberkelbazillen intraperitoneal vorbehandelt, die ausgezeichnet vertragen wurden, nachdem wir bereits schon früher zusammen mit Lange und Joetten Esel auf demselben Wege und zwar mit durch Antiformin abgetöteten bovinen Bazillen vorbehandelt hatten. Diese Tiere, von denen wir annehmen daß sie — auch im Sinne von Bessau — lokale Veränderungen in der Bauchhöhle aufweisen, werden wir der natürlichen Infektion aussetzen, um zu sehen, ob sie einen Schutz gegen Perlsuchtinfektion besitzen. Beim Menschen verbietet sich ein Immunisierungsverfahren mit bovinen Tuberkelbazillen von selbst, da die Perlsuchtbazillen für den Menschen nicht ungefährlich sind.

Die Behandlung mit Schildkrötenbazillen nach Friedmann entbehrt der experimentellen Grundlage. Heilerfolge kann man beim Menschen im Sinne einer spezifischen Beeinflussung der Tuberkulose nicht erwarten, allenfalls könnte man eine unspezifische Wirkung annehmen; aber die Fälle, die nach Friedmann heilen, heilen m. A. nach auch so. Man sollte eine

derartige Behandlung ablehnen. Ich selbst habe, wie zahlreiche andere Autoren, bei umfangreichen Tierversuchen niemals irgend eine Schutz- oder Heilwirkung der Friedmann-Bazillen feststellen können. Auch die Behandlung mit Partigenen nach Deyke und Much ist nicht als Fortschritt zu bezeichnen. Die experimentelle Grundlage beruht auf wenigen absolut unzureichenden Versuchen, wie auch Leschke in der Diskussion zu meinem Referat „Experimentelle Grundlagen der spezifischen Tuberkulosetheraphie“ auf dem Kongreß für innere Medizin in Wiesbaden (1921) zugeben mußte. Es handelt sich hier lediglich um eine schwache Tuberkulinwirkung. Mit der Koch'schen Bazillen-Emulsion werden meiner Ansicht nach viel bessere Resultate erzielt, zumal, da in der Bazillen-Emulsion alle wirksamen Bestandteile des Tuberkelbazillus vorhanden sind, während in Präparaten von Deyke-Much durch die längere Behandlung mit Milchsäure und durch Wärme (55—58°) sicher eine große Anzahl wirksamer Substanzen zerstört ist. — Interessant sind Versuche, die ich neuerdings mit dem Serum von Eseln gemacht habe, die mit sehr großen Mengen von Tuberkelbazillen vorbehandelt sind. (Uhlenhuth und Lange). Dieses Serum enthält hochwertige Präzipitine gegenüber Tuberkulin und auch complementbindende Antikörper, hat aber im Meerschweinchenversuch weder eine schützende noch heilende Wirkung. Ueber Menschenversuche, die im Gange sind, werden wir später berichten; es scheint sich besser zu bewähren wie normales Eselserum und Pferdeserum, das auch eine gewisse Wirkung bei Tuberkulose aufweist, aber nur insofern, als letzteres auf die Kachexie, aber nicht auf den tuberkulösen Prozeß einwirkt. (Czerny.) Weitere Versuche müssen hier Klärung bringen. Ich bin aber der Ueberzeugung, daß, wenn wir in therapeutischer Hinsicht bei der Tuberkulose grundlegend weiterkommen wollen, wir die Chemotheraphie in Angriff nehmen müssen, denn die bisherigen Behandlungsverfahren erstrecken sich lediglich auf die Beeinflussung des tuberkulösen Gewebes, aber nicht auf die Abtötung der Tuberkelbazillen im Körper selbst. Dieser Weg ist sehr mühsam und schwierig, aber er sollte doch weiter verfolgt werden. Meine bisherigen Versuche mit Joetten in dieser Richtung mit kolloidalem Kupfer, Gold und Arsenpräparaten (Bayer 205) haben bisher zu keinem positiven Ergebnis geführt. Vorläufig ist das Tuberkulin von allen Mitteln immer noch das beste.

Manuskript eingegangen am 6. II. 22.

Läwen:

Zur Behandlung angiospastischer Schmerzzustände an der unteren Extremität.

Demonstration eines 61jährigen Mannes, der seit 7 Jahren an angiospastischen Schmerzanfällen am rechten Fuß gelitten hatte, die außerordentlich hohe Grade angenommen hatten und die Ernährung des Fußes gefährdeten. Vereisung des Nerv. ischiadicus und des nerv. saphenus mit dem vom Vortr. angegebenen Kohlensäurevereisungsapparat 20 bezw. 10 Min. lang. Seitdem sind 8 Monate lang die Schmerzanfälle und vermutlich auch die Angiospasmen weggefallen. Der Fuß wurde am Operationstag warm und ist es seitdem geblieben. Nach 6½ Monaten bildeten sich an der Ferse und am Außenrand der fünften Zehe je ein trophisches Geschwür, die auf eine inzwischen eingetretene aber unzureichende Innervierung bezogen werden. Das Fersenulcus ist wieder zugeheilt. Durch Wegfall des Reiztonus der Kapillaren ist der gefährdete Fuß unter bessere Zirkulation gesetzt worden.

Manuskript eingegangen am 20. 2. 1922.

K. Knabe:

Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.

Nach Dr. M. Baërting ist Anlage und Interesse für Mathematik und Naturwissenschaft in unserm Volke weit stärker verbreitet als Begabung und Neigung für fremde Sprachen, er beweist dies mit dem Ergebnisse der Wahlfreiheit an einer Reihe von höheren Lehranstalten, bei denen sich eine starke Bevorzugung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer gezeigt habe. Zu einem gleichen Ergebnisse kommt Studienrat Malsch, auch er glaubt bei der Mehrzahl der Schüler eine Vorliebe für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer gegenüber einer ablehnenden Haltung inbezug auf die Sprachen feststellen zu können. Dem widerspricht Oberstudiendirektor Becker (Duisburg) inbezug auf die Mathematik vollständig, indem er aus den Schulzeugnissen von 20 Realgymnasien feststellt, daß sie am ungünstigsten in Mathematik, Französisch und Latein ausgefallen sind, während an erster Stelle Naturbeschreilung, Chemie, Physik und Erdkunde stehen.

Bei der großen Bedeutung, welche diese Frage besonders jetzt hat in Zeiten, wo jeder Berufene und Unberufene von Schulreform spricht, dürfte es wohl angemessen sein, einmal kurz auf die wechselnde Wertschätzung unserer Fächer im Unterricht der höheren Schulen und auf ihre Aussichten in der Zukunft hinzuweisen.

Im Altertum ist besonders auf die Hochachtung der Mathematik und der Naturwissenschaften durch die Aegypter hinzuweisen, deren Land von dem Vater der Geschichtsschreibung Herodot als ein Geschenk des Nils bezeichnet wird. Die Natur ihres Landes wies sie auf Astronomie und Meßkunst, auf Mathematik und Baukunst hin. So wandten die Aegypter die Zahlenlehre auf dezimaler und duodezimaler Grundlage, die Lehre von den Verhältnissen und die Verwandlung der Figuren an, sie stellten auf geometrischer Grundlage, also konstruktiv, Messungen am Himmel und auf der Erde an und gewannen die Anfänge der Sphärik. Ihre Leistungen im Wasserbau und Hochbau sind umso bewunderungswürdiger, als sie doch moderne Maschinen und Instrumente nicht kannten. Wir wissen, daß Moses seine Jugend im Nillande verlebt und in „aller Weisheit“ Unterricht empfangen hat. Und wenn ein Grieche den Anschein hoher Gelehrsamkeit erecken wollte, so mußte er Aegypten besucht haben. So stammt

mancher mathematische Lehrsatz, der den Griechen zugeschrieben wurde, aus den Papyris der alten Aegypter. Bei den Griechen sind ja besonders die Namen Euklid und Pythagoras zu nennen: Ersterer hat in seinen Elementen ein unübertreffbares Muster eines logischen Aufbaues geschaffen, freilich stellen wir jetzt an ein Lehrbuch noch andere Anforderungen. So wird z. B. sein Beweis des dem Pythagoras zugeschriebenen Lehrsatzes vielfach als nicht überzeugend angefochten, von Schopenhauer deshalb „Mausefallebeweis" genannt. Uebrigens war dieser Pythagoreische Lehrsatz schon lange Zeit vorher bekannt, den Aegyptern in Form der Gleichung $3^2 + 4^2 = 5^2$ wahrscheinlich schon um das Jahr 2300 v. Chr., den Chinesen vielleicht um 1100 v. Chr. und den Indern schon im 8. Jahrhundert v. Chr. Bei den Griechen war nun der Rechenunterricht zunächst auf das Notwendigste beschränkt, also auf das im praktischen Leben Brauchbare. Die Rechenoperationen wurden an den Fingern, und zwar an der linken Hand ein- und zweiziffrige, an der rechten dagegen drei- und vierziffrige Zahlen (also bis 9999) veranschaulicht. Als Versinnlichung kleiner Zahlen findet man auf allen Inschrifteu Striche, für größere Zahlen bediente man sich bestimmter Biegungen und Stellungen der Finger, zusammenfassender Zeichen und bekanntlich der Buchstaben. Die Anfänge der Geometrie lernten nur reifere Schüler, Sokrates will sie auf das Notwendige und Nützliche beschränkt wissen, während Plato der Mathematik einen hohen Bildungswert zuerkannte. Die Mathematik spielte in seiner Pädagogik als Vorbereitung für die höheren Studien eine gewichtige Rolle. Auf die Gymnastik, welche die Schönheit des Leibes pflegen und ihn der Seele gefügig machen soll, folgt die musische Bildung, d. h. die Schulung in den Elementen des Lesens, Schreibens und Rechnens, die Kenntnis der Dichtkunst und der Betrieb der Musik. Hierdurch soll die Liebe zum Schönen in der Seele entwickelt werden als Keim zu allem höheren geistigen Leben. Die Befähigteren wenden sich dann der Mathematik zu (Arithmetik, Geometrie, Astronomie und Musiktheorie), welche die Vermittlung zwischen der Sinnenwelt und den Ideen bietet. Nur diejenigen, weiche diese Stufen erledigt hatten, konnten sich der Dialektik widmen, die sich mit der Idee des Guten befaßt. Man sieht also, welche große Bedeutung Plato den mathematischen Disziplinen zuschrieb. Von Euklid ist auch das Wort bekannt: „Es gibt keinen Königsweg in der Geometrie" (d. h. keine Bücher in usum Delphini). Mathematische Uebungen sind aus dieser Zeit auf manchen Scherben (Ostraken) und auch auf einer hölzernen Schultafel auf uns gekommen. Namentlich ist seit Pythagoras die Astronomie zu einem Bildungsmittel für die Jugend gemacht worden, wobei Himmelsgloben, geometrische Geräte und Landkarten benutzt würden. Aus Kallipolis ist uns eine Kunde zuge-

kommen, daß kleine und größere Schüler und ihre Lehrer einen Mathematiklehrer durch Kränze geehrt haben.

Die Römer haben bei ihrem großen praktischen Sinn unsere Wissenschaften nur im Nützlichkeitsinteresse betrieben und gelehrt, ihre Feldmesser (Agrimensoren) waren berühmt.

In den Anfängen der christlichen Welt sanken diese Fächer zu immer größerer Bedeutungslosigkeit herab, wenn sie auch äußerlich als die schwierigsten hochgestellt wurden. Bekanntlich unterschied man in den Schulen das Trivium und das Quadrivium. Ersteres umfaßte die Grammatik, d. h. fast nur Latein, die Rhetorik (Herstellung von Briefen, Urkunden u. dergl., auch eine elementare Rechtskenntnis) und die Dialektik d. h. im allgemeinen die Logik, die zur Blütezeit der Scholastik als wichtigstes Fach galt. Die meisten Unterrichtsanstalten führten darüber nicht hinaus, sie waren Trivialschulen. Zum Quadrivium gehörten Arithmetik und Astronomie, die aber meist nur zur Berechnung der kirchlichen Feste dienten (Osterrechnung). Als drittes Gebiet kommt die Geometrie hinzu, unter deren Namen man aber geographische, naturgeschichtliche und auch medizinische Kenntnisse zusammenfaßte. Endlich gehörte noch zum Quadrivium die Musik, die allerdings wohl seltener theoretisch betrieben wurde. Bedeutende Gelehrte in diesen Fächern sind im deutschen Mittelalter bekannt geworden, aber nur einzelne Schulen zeichneten sich durch den Unterricht darin aus. Diese Disziplinen bildeten die sogenannten sieben freien Künste (septem artes liberales). Heute noch verleihen ältere philosophische Fakultäten mit dem Doktortitel auch die Würde eines Magister artium liberalium.

Bekanntlich haben sich die Araber auf unseren Gebieten bedeutende Verdienste erworben, wenn sie auch in den Naturwissenschaften arg dem Aberglauben huldigten, so statt Astronomie die Astrologie, statt Chemie die Alchimie und Goldmacherei, in der Medizin die Magie betrieben. Unbestritten aber sind ihre Leistungen in der Geographie und in der Mathematik. Von ihnen sollen ja die arabischen Ziffern und ihre Anordnung nach dem Dezimalsystem herstammen.

Der zu Beginn der neueren Zeit einsetzende Humanismus hatte für die Realien keinen Sinn, dagegen war die Reformation den Naturwissenschaften geneigt. Luther empfiehlt das Studium der Natur, das „dem religiösen Sinn nur förderlich, nicht nachteilig“ sei, sowie das der Mathematik „ihrer bildenden Kraft und praktischen Nützlichkeit wegen“, und Melanchton erklärt sogar, daß ohne Kenntnis der Mathematik niemand für gelehrt gelten könne. Aber in der Praxis auch der protestantischen Schulen fand sich neben Latein und Religion für anderes kaum ein Plätzchen. Dagegen fand in den im Gegensatz zu den lateinischen

gegründeten deutschen Schulen das Rechnen doch eine gründliche elementare Pflege, namentlich durch Adam Rieses Rechenbuch „Rechnung nach der lenge, auf den linihen und federn“ im Jahre 1550.

Bacon von Verulam eröffnete durch seine auf die Erfahrung begründete Philosophie die gewaltige Reihe der naturwissenschaftlichen Entdeckungen, wozu nur die Namen Kepler und Galilei erwähnt seien. Der große Pädagoge Comenius wies in seinem Orbis sensualium pictus stark auf die Betrachtung der Naturgegenstände hin und verlangte die Anschauung. Aber erst die Zeit der Aufklärung brachte eingehenderes Studium in gelehrten Gesellschaften und dann auch in Schulen; die älteste Akademie der Naturforscher scheint mir die 1652 in Schweinfurt gegründete zu sein. Landgraf Karl von Hessen errichtete zur Förderung der Naturwissenschaften 1709 das Collegium illustre Carolinum in Cassel, mit dem dann ein 1738 entstandenes Seminarium Medico-Chirurgicum vereinigt wurde. Aehnliche Anstalten entwickelten sich an anderen Orten.

Jetzt entfalteten auch allmählich Realschulen ihre Tätigkeit, die aber als Gegensatz zu den damaligen Verbalschulen errichtet wurden, sodaß auf dem Schulgebiete der später aufgekommene Gegensatz zwischen Realismus und Humanismus keine geschichtliche Berechtigung hat. Aber zunächst nahmen diese Anstalten nur einen untergeordneten Platz ein.

Mit dem Jahre 1788 setzt nun der Eingriff des preußischen Staates in dem höheren Schulwesen ein, indem am 23. Dezember dieses Jahres das Abiturienten-Examen geschaffen wurde, womit natürlich weitere Anordnungen sich als notwendig ergaben.

Der sogenannte Neuhumanismus um 1800 schien für die Gymnasien eine gute Lösung und einen gerechten Ausgleich zu bringen. Man unterschied Sprachstunden, Wissenschaften und technische Fertigkeiten. Nach dem Süvernschen Plane von 1816 hattten VI, V, IV einjährigen, III und II zweijährigen und I einen dreijährigen Kursus, sodaß das Gymnasium 10 Jahre zählte, während man jetzt vielfach mit 8 Jahren auszukommen meint. Das Verhältnis der Sprachen zu der Wissenschaft betrug in VI und V: 12 zu 13, in IV und III: 17 zu 13 und in II und I: 19 zu 13 Stunden; für Mathematik waren in allen Stufen 6 und für Naturwissenschaften je 2 Stunden vorgesehen. Aber bald erlangten die alten Sprachen ein bedeutendes Uebergewicht auf Kosten dieser Fächer. Mathematik sank von 60 Stunden im ganzen Kursus auf 33 (1837), 32 (1856), 34 (seit 1882), während die Naturwissenschaften von 20 auf 16 fielen und sich dann seit 1856 auf 18 Stunden hielten.

Das Gymnasium hat in den beiden Tertien nur 3 Stunden

wöchentlich Unterricht in Arithmetik und Geometrie, was für den grundlegenden Anfangsunterricht zu wenig ist, und hat in jeder Klasse nur 2 Stunden Naturwissenschaft, in den unteren Naturkunde, in den oberen Physik, während die Chemie fast ganz ausfällt.

Erst 1859 wurden die Verhältnisse der Realgymnasien (damals Realschulen I. O.) genau geregelt. Die Unterrichtsstunden in Mathematik sanken von 47 Stunden auf 44, 42 und in den Naturwissenschaften von 34 auf 30 und 29 herab, während die Sprachstunden (mit Deutsch) 127, 135, 120 und 124 Stunden betrugen. Die Oberrealschulen zählten 1882 : 49 und seit 1892 : 47 Stunden Mathematik und 36 Stunden Naturwissenschaften, in den Sprachen 112, 106 und 104 Stunden.

Die höheren Mädchenschulen haben erst durch die Neuordnung vom Jahre 1908 eigentlichen Mathematikunterricht und zwar von der 4. Klasse der Lyzeen an aufwärts je 3 Stunden wöchentlich, Naturwissenschaft dagegen in VII, VI, V je 2 und dann je 3 Stunden.

Auf die sogenanuten Reformschulen einzugehen, ist nicht weiter nötig, da hier unsere Stundenzahlen wenig abweichen.

Zur Wertschätzung der Mathematik sei erwähnt, daß einer meiner altphilologischen Lehrer sich in der Klasse damit brüstete, daß er die Kongruenzsätze der Dreiecke nie verstanden hätte, und daß ein energischer Vorkämpfer des sogen. humanistischen Gymnasiums die Mathematik für keine Wissenschaft erklärt hat. Bei zahlreichen Gebildeten herrscht noch eine große Unkenntnis der kulturellen Bedeutung unserer Wissenschaften.

Vor einer Reihe von Jahren hat sich die Gesellschaft der Naturforscher und Aerzte eingehend mit dieser Schulfrage beschäftigt und hatte einen Ausschuß eingesetzt, der die nach dem Tagungsorte genannten Meraner Vorschläge zur Annahme brachte. Es wurde dann unter Führung von Felix Klein eine I(nternationale) M(athematik-) U(nterrichts-) K(ommission) eingesetzt, die außerordentlich wertvolle Arbeiten geleistet und den Unterricht mit neuem Geiste durchdrungen hat. Die beantragte Aenderung in den Stundenzahlen ist aber nicht erreicht.

Fragen wir uns nun: „Was wird die Zukunft bringen?“ Die große Reichsschulkonferenz hat außerordentlich viel Material, aber natürlich wenig positive Leistungen geliefert, dabei muß auch berücksichtigt werden, daß Reformen, welche Geldkosten verursachen, bei unserem Finanzelend in Reich, Staaten und Gemeinden nicht ausgeführt werden können. Die drohende Verkürzung der Lehrdauer auf 8 Jahre scheint ja glücklich abgewendet zu sein, dagegen wird vielfach eine Grundschule von 4, eine Mittelschule von 3 und darauf folgend eine stark differenzierte Oberschule von 6 Jahren Dauer gefordert. Neu ins Leben

gerufen soll aber eine Aufbauschule und neben Gymnasium, Realgymnasium und Oberschule eine deutsche Oberschule werden. Die Aufbauschule soll Kinder nach vollendetem 13. Lebensjahre aus der Volksschule aufnehmen und sie in sechs Jahren zur Reifeprüfung führen. Der Plan ist im Interesse des Landes und der kleinen Städte sehr begrüßenswert, nur muß natürlich eine gründliche Auslese der Schüler und ein hervorragendes wissenschaftlich und pädagogisch tüchtiges Lehrerkollegium gefordert werden. Bedauerlich ist es, daß ihr Lehrplan dem Versuche mit der deutschen Oberschule entsprechen zu sollen scheint. Diese will den deutschkundlichen Unterricht nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch in den Mittelpunkt der Unterweisung rücken und wollte deshalb nur eine fremde Sprache in den Lehrplan aufnehmen. Diese Absicht ist aber an dem einmütigen Widerstand der Hochschulen gescheitert, und nun liegt die Gefahr nahe, daß die Vermehrung des deutschen Unterrichts auf Kosten des mathematisch-naturwissenschaftlichen ausgeführt werden soll. Der Vorkämpfer dieser Idee verwahrt sich energisch gegen die Absicht einer reformierten Oberrealschule und betont leidenschaftlich das Humanistische seines Planes.

Sehen wir uns von unserem Standpunkte aus einige aufgestellte Lehrpläne dieser neuen Schöpfung an, so können wir uns zunächst mit der Lichtwarkschule in Hamburg einverstanden erkkären, da sie in den vier obersten Klassen je 2 Stunden Erdkunde und 2 Stunden Biologie, in den beiden Sekunden je 4 Stunden Mathematik und je 4 Stunden Naturlehre (Physik und Chemie), in den beiden Primen aber in jedem dieser Fächer je 3 Stunden aufweist. Dagegen kann der geplante Zweig des Wilhelms-Gymnasiums dortselbt in keiner Weise befriedigen, da er von Untertertia an aufwärts nur je 3 Stunden Mathematik und je 2 (in den Primen 3) Stunden Naturlehre bietet. Und auch der beabsichtigte Plan eines Zweigs der Klinger-Oberrealschule zu Frankfurt a. M. erregt starke Bedenken, da er zwar in den Tertien 4, weiterhin aber nur 3 Stunden Mathematik, in den gesamten Naturwissenschaften in den Tertien und der Untersekunda 3, dann aber 4 Stunden enthält. Der pädagogische Ausschuß und Beirat des Sächsischen Philologen-Vereins hat den Plan eines einheitlichen Schulsystems für die höheren Schulen Sachsens aufgestellt. In diesem folgt auf einem gemeinsamen Unterbau für VI, V, IV mit Französich ein zweistufiger Mittelbau, in dem Lateinisch oder Englisch hinzutritt, und ein vierklassiger Oberbau in vier verschiedenen Zweigen. Von diesen hat der altsprachliche Ast in 2 Klassen je 3 und den beiden anderen nur je 2, der deutsche und realgymnasiale in allen 4 Stufen nur je 3 Wochenstunden für Mathematik. Der gymnasiale

und realgymnasiale Zweig weist in jeder dieser 4 Oberklassen in der Woche je 3 Stunden naturwissenschaftlichen Gesamtunterricht auf, während die anderen mit Physik, Chemie und Biologie gut besetzt sind. In ähnlicher Weise ist auch ein Einheitsschulplan für Thüringen entworfen, gegen den sich der Vorsitzende des Schulausschusses der deutschen Hochschulen, Professor Brandi in Göttingen, scharf ausgesprochen hat.

Ich wollte mir erlauben, die Mitglieder unserer Gesellschaft auf die Gefahren aufmerksam zu machen, die dem Unterricht in den von uns vertretenen Fächern bei der Umwandlung unserer höheren Lehranstalten drohen. Vertreter des Gymnasiums regen sich tüchtig, der Realschulmännerverein, der die Interessen des Realgymnasiums vertritt, und der Verein für lateinloses höheres Schulwesen wollen sich zusammenschließen, um eine größere Stoßkraft bei der Verteidigung der Realanstalten zu haben. Es würde mich freuen, wenn es mir gelungen sein sollte, darauf hinzuweisen, daß die Naturwissenschaften und die Mathematik bei der geplanten Neuordnung des Schulwesens Not leiden können.

Anmerkung: Während der Drucklegung des Vortrags sind Denkschriften der preußischen Unterrichtsverwaltung über die grundständige Deutsche Oberschule und über die Aufbauschule erschienen. Nach ihnen sollen in der Unterstufe je 2, in der Mittelstufe je 4 und in der Oberstufe je 5 Stunden naturwissenschaftlicher und in der deutschen Oberschule in jeder Klasse 4, an der Aufbauschule aber in den Tertien je 5, in den oberen Klassen je 4 Stunden mathematischer Unterricht in der Woche stattfinden. Somit würde dieser Plan, wenn er ausgeführt wird, nur dem einen Bedenken unterworfen sein, daß für den grundlegenden Unterricht im Rechnen nicht genug Raum geschaffen ist.

F. B. Hofmann:

Beobachtung und Zählung von Blutplättchen.

(Nach Versuchen von Herrn Dr. O. Flössner).

Vor einiger Zeit hatte ich die Beobachtung gemacht, daß sich die Blutplättchen im mikroskopischen Präparat auffällig lange halten, wenn man das Blut nach der Entnahme sofort mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnt. Da eine ganz einfache Methode zur Dauerbeobachtung der Blutplättchen immer noch wünschenswert ist — denn auch bei der von Bürker (Zentralbl. f. Physiol. *17*, S. 137) angegebenen, derzeit einfachsten Beobachtungsmethode zeigen die Blutplättchen auf dem Objektträger schon nach 15—20 Minuten Veränderungen ihrer Form — veranlaßte ich die Herren stud. med. Schneider und stud. med. Starboff, die Beobachtung nachzuprüfen, und übergab dann die weitere Ausarbeitung der Methode Herrn Dr. O. Flößner, der darüber nächstens ausführlich berichten wird. Es stellte sich zunächst heraus, daß sich in der Tat die Blutplättchen, wenn man den Blutstropfen sogleich nach der Entnahme mit physiologischer Kochsalzlösung verrührt, auch ohne besonders weitgehende Reinigung der Deckgläschen und Objektträger recht lange, bis zu etwa einer halben Stunde, gut halten. Verrührt man den Blutstropfen nicht mit der Lösung, sondern läßt man ihn ohne Umrühren einfach in die Kochsalzlösung hineinfallen, so verändern sich die Blutplättchen so, wie im unverdünnten Blut, sehr rasch. Das deutet darauf hin, daß es sich um den schädlichen Einfluß einer Substanz handeln könnte, die in gehöriger Verdünnung nicht mehr wirksam ist, u. z. bezieht sich die Wirkung dieser Substanz zunächst darauf, daß sie die Blutplättchen derart klebrig macht, daß sie sich sofort an vom Blut benetzbare Körper — Glas, aber nicht Paraffin — anheften. Man überzeugt sich davon leicht, wenn man einen Tropfen unverdünnten Blutes auf einen Objektträger bringt, mit einem Deckgläschen zudeckt und dann das Blut mit physiologischer Kochsalzlösung wegschwemmt. Man findet dann eine große Menge von Plättchen im Präparat, die alle am Glas kleben. Die kurze Zeit, während welcher das Blut mit dem Glase in Berührung stand, hat genügt, daß sie sich anhefteten. Es ist dies ja die Unterlage für die von Deetjen (Z. f. physiol. Chemie, *63*, S. 1) angegebene Beobachtungsmethode der Blutplättchen. Außerdem haben schon Aynaud und neuer-

dings Degkwitz angegeben, daß der Zerfall der Blutplättchen von der Beimischung von Gewebssaft herrühre, und Degkwitz hat aus diesem Grunde auch die sofortige Verdünnung des Blutstropfens mit seiner Konservierungsflüssigkeit empfohlen.

Nun haben allerdings unsere weiteren Versuche ergeben, daß auch die physiologische Kochsalzlösung noch nicht das ideale Konservierungsmittel ist. Wenn man nämlich längere Zeit zuwartet, so zerfallen auch in ihr die Blutplättchen u. z. nicht nur im mikroskopischen Präparat, sondern auch in der ursprünglichen Mischung. Diese wurde in der Weise hergestellt, daß wir in ein Uhrschälchen mindestens 10 Tropfen physiologischer Kochsalzlösung einträufelten und dann einen Blutstropfen hereinfallen ließen. Dieser wurde sogleich mit einem dünnen Glasstab verrührt. Dann ließen wir die roten Blutkörperchen sich absetzen, was binnen 5—10 Minuten geschehen war, entnahmen mit der Pipette einen Tropfen der unmittelbar über der Schicht der roten Blutkörperchen stehenden Flüssigkeit, u. z. vom Rande der Flüssigkeit, nicht von der Mitte, und beobachteten ihn unter dem Mikroskop. Wurde der Tropfen 5 Minuten nach der Blutentnahme unter das Mikroskop gebracht, so zeigten sich die Thrombozyten frei schwimmend und in normaler Form. Nach einer halben Stunde schwammen sie nur noch zum Teil frei, ein anderer Teil klebte schon an der Unterseite des Deckgläschens oder am Objektträger fest. Diese festklebenden, aber auch manche schwimmende, zeigten dann schon Degenerationserscheinungen. Nach 1½ Stunden haften die allermeisten Plättchen fest, nur noch ganz wenige schwimmen frei herum, die meisten schon mit den für die Degeneration charakteristischen Veränderungen. Sehr interessant ist aber, daß man auch nach 2¼ Stunden noch vereinzelte freischwimmende Thrombozyten findet, während die weitaus überwiegende Mehrzahl schon zu zerfließen anfängt. Es ist für die Beurteilung des Folgenden wichtig, daß auch dann, wenn der größte Teil der Plättchen schon degeneriert oder sogar zerflossen ist, doch immer noch einzelne recht gut erhalten sein können. Das deutet auf eine sehr verschiedene Resistenz der einzelnen Blutplättchen gegenüber schädigenden Einwirkungen hin, und ist insbesondere für die Beurteilung von Zählungsresultaten direkt gefährlich. Man kann sich nämlich nach der Form der erhaltenen Blutplättchen einbilden, sie seien gut konserviert, während sich der gute Erhaltungszustand nur auf die übrig gebliebenen bezieht, und ein anderer Teil schon zerfallen sein kann.

Besser als die reine Kochsalzlösung bewährte sich ein Gemisch von ihr mit etwas $NaHCO_3$. Am besten aber ist es, wenn man statt der Kochsalzlösung oder des Gemisches mit Bicarbonat die

Tyrodelösung verwendet. Diese enthält im Liter neben 8,0 g NaCl noch 0,2 g KCl, 0,2 g $CaCl_2$, 0,1 g $MgCl_2$, 1,0 g $NaHCO_3$ und 0,05 g NaH_2PO_4 (den Traubenzucker der Tyrodelösung ließen wir weg). Es sind das die Salzkonzentrationen, wie sie im Blutserum enthalten sind, die Lösung stellt sozusagen ein Serum ohne organische Bestandteile dar. In dieser Lösung halten sich nun die Blutplättchen eine halbe bis zwei Stunden lang sehr schön lebensfähig, später allerdings gehen sie auch in ihr zugrunde. Eine besondere Reinigung der Deckgläser und Objektträger ist bei unserem Verfahren gar nicht nötig. Wir nehmen unsere gewöhnlichen Kursgläschen.

Als die Normalform der Blutplättchen erwies sich in Bestätigung der Angaben zahlreicher früherer Autoren eine Art Spindel- oder flache Birnform, bei der Spindelform mit zwei, bei der Birnform mit einem kurzen Fortsatz und mit etwas grünlich schimmerndem Inhalt. Die erste Veränderung, die sich besonders an festhaftenden, aber auch an schwimmenden Plättchen geltend macht, ist das Auftreten zahlreicher kleiner stark lichtbrechender Körnchen in ihrem Inneren. Diese nehmen, indem mehrere zusammenfließen, nacher an Zahl ab, an Größe zu. Während des Zusammenfließens rücken sie nach der Peripherie hin und nehmen stellenweise beim Vorrücken einen Streifen von Plasma eine Strecke weit mit sich, sodaß dann Fortsätze mit einem solchen Körnchen an der Spitze auftreten. Manche Autoren haben dieses Aussprießen von Fortsätzen als amöboide Bewegung aufgefaßt, nach unseren Erfahrungen aber scheint es vielmehr, daß die bekannten zackigen Formen der Blutplättchen schon Degenerationsformen darstellen. Der Abschluß der Degeneration setzt nun weiterhin damit ein, daß sich aus den Blutplättchen eine hyaline Masse ergießt, deren Grenze sehr schwer zu sehen ist. Schließlich verschwindet auch die Grenze der hyalinen Substanz, und es bleiben bloß die kleinen Körnchen übrig, die nach unseren Beobachtungen dann als Hämokonien frei herumschwimmen.

Die Art des Zerfalls der Blutplättchen erinnert in vieler Beziehung an die Vorgänge beim Absterben von Protozoen. Wenn man einen Wassertropfen mit Paramäcien oder Kolpidien mit einem Deckglas bedeckt längere Zeit stehen läßt, so sterben die Infusorien infolge der Erstickung allmählich ab. Dabei quellen ebenfalls hyaline Massen aus ihnen heraus, und schließlich zerfallen sie in hyaline Tropfen, in denen anfangs noch die zahlreichen Zellgranula als stark lichtbrechende Körnchen enthalten sind. Die hyaline Substanz löst sich später auf, und es schwimmen dann bloß noch grobe Granula als letzter Rest der Infusorien im Wasser. Es ist wahrscheinlich, daß dieser Zerfall, wie bei den Protozoen, so

auch bei den Blutplättchen auf einen Erstickungsvorgang zurückzuführen ist. Wir wissen, daß die Blutplättchen einen starken Sauerstoffverbrauch aufweisen, und Deetjen hat ja deswegen seiner Untersuchungsflüssigkeit Peroxyde als Sauerstoffspender hinzugefügt.

Wir haben nun unsere Beobachtungen weiterhin verwertet zu einer Verbesserung der Methode zur Zählung der Blutplättchen. Wie oben schon bemerkt wurde, kann man bei ihrer Beurteilung leicht dadurch irre geführt werden, daß man aus dem guten Erhaltensein einzelner Blutplättchen auf eine gute Konservierung aller schließt. Man wird deshalb wie Bürker (Tigerstedts Physiol. Methodik, 2, 2, S. 147) bemerkt, jene Methode für die beste halten müssen, die die höchsten Werte für die Blutplättchen ergibt, wobei natürlich vorausgesetzt werden muß, daß grobe Fehler, wie etwa das Mitzählen abgesprengter Bruchstücke von Erythrozythen oder gar von Schmutzpartikeln ausgeschlossen sind. Das Grundprinzip der Blutplättchenzählmethoden wird wohl auf lange hinaus das bleiben müssen, daß man zunächst das Verhältnis der Blutplättchen zu den roten Blutkörperchen feststellt, dann die Zahl der letzteren nach bekannten Methoden bestimmt und auf Grund dieser beiden Daten nun die absolute Zahl der Plättchen ausrechnet. Als Verdünnungsflüssigkeit für die Blutplättchenzählung kann man nach dem oben Mitgeteilten Tyrodelösung verwenden. Zweckmäßig aber wird man außerdem noch ein die Form der Plättchen gut erhaltendes Konservierungsmittel hinzufügen. Als bestes von allen hat sich Sublimat erwiesen. Allerdings hat es den Nachteil, daß es in etwas höherer Konzentration Eiweißniederschläge erzeugt, die bei der Zählung stören. Man muß daher die Konzentration des Sublimats so niedrig wählen, daß noch keine solchen Niederschläge entstehen. Unangenehm für die Zählung ist es ferner, daß sich bei diesen niedrigen Konzentrationen von Sublimat die Plättchen noch einige Zeit frei schwimmend erhalten und infolge der Molekularbewegung von einem Quadrat der Zählkammer in das benachbarte übergehen können. Man benützt daher zur Zählung eine Kammer mit kontinuierlicher Teilung, wie es z. B. die Thoma-Zeiß'sche ist, und zählt zuerst in einem großen Bezirk die Plättchen, dann erst die Erythrozyten, und dann zur Kontrolle nochmals die Blutplättchen. Es hat sich herausgestellt, daß man beim zweiten Zählen meist noch ein oder das andere Plättchen mehr findet, als beim ersten, weil sie sich dann besser gesenkt haben und daher leichter gefunden werden. Groß ist der Unterschied indessen nicht. Da ferner, wie wir sahen, die Blutplättchen außerordentlich leicht an blanken Glasflächen ankleben, mußte auch der dadurch verursachte Zählverlust vermieden werden, und wir sind schließlich

nach dem Ausprobieren aller Einzelheiten bei folgendem Verfahren stehen geblieben.

In einem reinen Paraffinblock erzeugt man mit dem unteren Ende eines mit heißem Wasser gefüllten Probierröhrchens eine napfförmige Vertiefung mit ganz glatter Fläche. In diesen förmige Vertiefung mit ganz runder glatter Fläche. In diesen Napf hinein läßt man 30 Tropfen Tyrodelösung und beim Manne 5—6 Tropfen, bei der Frau 5, beim Kind 4 Tropfen 1 ‰ Sublimatlösung eintropfen, welch letztere man sich durch Auflösen einer Sublimatpastille in Wasser herstellt. Die Flüssigkeiten müssen vorher sehr sauber filtriert sein, damit keine feste Partikel darin schwimmen. Dann wird mit dem Schnepper die Wunde gesetzt und der erste Blutstropfen, der ohne Druck hervorquillt, in die Lösung gebracht, mit einem Glasstab, der mit Carnaubawachs[1]) überzogen ist, sogleich gut umgerührt und unverzüglich ein Tropfen der Mischung auf eine Z e i ß'sche Zählkammer gebracht und zugedeckt. Dann kann sofort gezählt werden, oder man wischt mit einem reinen Lappen den Rest des Blutstropfens ab und verwendet den nächsten zur Füllung einer Mischpipette behufs Zählung der roten Blutkörperchen. Beide Zählungen lassen sich so in einer Sitzung vereinigen. Vom Zusatz eines Farbstoffes zur Plättchenzählung haben wir abgesehen, weil dadurch bei aller Sorgfalt leicht Niederschläge ins Präparat hereingebracht werden, die störend wirken. Man braucht den Farbstoff auch gar nicht, weil man die Blutplättchen mt stärkerer Vergrößerung ganz gut an ihrer Form erkennt. Auch die roten und weißen Blutkörperchen werden bei dieser Methode längere Zeit sehr gut in ihrer normalen Form erhalten. Aceton- oder Alkoholzusatz konserviert zwar die Blutplättchen auch gut, erzeugt aber Stechapfelform der roten Blutkörperchen, von denen sich dann leicht kleine Partikel ablösen, die von Ungeübten mit Blutplättchen verwechselt werden können. Das tritt bei unserer Flüssigkeit erst nach etwa einer Stunde auf. Bis dahin muß also die Zählung beendet sein. Formalzusatz konserviert die roten Blutkörperchen auch sehr gut, aber es tritt nach 15 bis 20 Minuten Agglutination der Blutplättchen ein, durch die ihre Zählung sehr erschwert wird.

Herr Dr. F l ö ß n e r hat nach dieser Methode zunächst an sich, dann an einer größeren Zahl anderer gesunder Personen die Blutplättchen gezählt und ihr Verhältnis zur Zahl der roten Blutkörperchen festgestellt. Die kleine Tabelle, die an einer Auswahl

1) Nach meinen Erfahrungen ist Carnaubawachs zum Überziehen von Glasstäben oder Glasgefässen behufs Vermeidung der Blutgerinnung dem gewöhnlich gebrauchten Paraffin weitaus vorzuziehen, weil es ebenso hart wird, aber viel geschmeidiger ist als Paraffin und deshalb beim Erstarren nicht so leicht springt, wie das letztere.

Name	Zahl der Erythroztyen	Zahl der Thrombozyten	Verhältnis der Thrombozyten zu Erythrozyten
H.	4.916.000	819.300	1 : 6
F.	4.968.000	797.400	1 : 6,23
K.	5.250.000	700.000	1 : 7,5
S.	5.000.000	809.500	1 : 6,28
B.	4.915.000	906.800	1 : 5,42
Sch.	4.845.000	680.000	1 ; 7,2

das Zählungsergebnis bei einigen männlichen Personen vorführt, zeigt, daß die Zahl der Blutplättchen beim Normalen zwischen rund 700 000 und 900 000 im cmm schwankt. Es sind das Zahlen, wie sie ähnlich bisher bloß von Kemp und Calhoun (vergl. Bürker, Phys. Meth. S. 144) angegeben worden sind. Die viel niedrigeren Werte anderer Autoren müssen wir demnach darauf zurückführen, daß bei den von diesen Autoren angewandten Methoden eine große Zahl von Plättchen der Zählung entgeht, sei es, daß sie an den verwendeten Glassachen kleben bleiben, sei es, daß sie teilweise schon zerfallen sind. Das Verhältnis der Blutplättchenzahl zur Zahl der roten Blutkörperchen ist, wie die Tabelle zeigt, auch beim Gesunden keineswegs konstant. Herr Dr. Flößner hatte durch das freundliche Entgegenkommen von Herrn Kollegen Schwenkenbecher auch schon Gelegenheit, eine Anzahl pathologischer Fälle zu untersuchen und fand bei ihnen dieselbe Unabhängigkeit beider Zahlen von einander. Er wird darüber, sowie über die Grundlagen der Methode und weitere Details ihrer Ausführung später eingehend berichten.

Die Gliederung des Mitteldevons auf Grund von Korallen.

Von R. Wedekind - Marburg.

Zur Zeit treten in der Geologie zwei Richtungen hervor, die hier als die der Neowernerianer und die der Biostratigraphen unterschieden werden sollen. Die Neowernerianer suchen die Probleme, welche die durch Brüche in ein Mosaik von Schollen zerlegte Erdkruste bietet, nach Art eines Mosaikrätsels zu lösen, indem sie sich bei der Lösung ihrer Aufgabe besonders vom sedimentpetrographischen Standpunkte leiten lassen. Die extremen Vertreter dieser Richtung bestreiten mit voller Entschiedenheit, daß diese Aufgabe mit Hilfe der Leitfossilien zu lösen sei.

Die Biostratigraphen betonen demgegenüber, daß diese Aufgabe bei dem starken horizontalen und vertikalen Wechsel der Gesteine nur dadurch zu lösen ist, daß allen anderen Untersuchungen eine bis ins einzelne gehende biostratigraphische Gliederung vorausgeht, die sich aus der Entwicklung der Organismen ergibt. Sie betonen also, daß es sogenannte Leitfossilien gibt und daß nur mit ihrer Hilfe eine exakte Einordnung der verschieden alten Sedimentgesteine möglich ist. Die Biostratigraphen verkennen aber keineswegs den Wert der sedimentpetrographischen Richtung. Wie die Anlage eines trigonometrischen Netzes die Grundlage jeder topographischen Aufnahme ist und dieser vorausgeht, so ist ein Netz von biostratigraphischen Profilen, Paeckelmann hat sie so treffend Paradeprofile [1]) genannt, die Grundlage der nachfolgenden geologischen Kartierung mit Hilfe der Sedimentpetrographie. Beide Richtungen schließen einander also nicht aus, sondern ergänzen einander. Wo geologisch kartiert ist, ohne daß eine biostratigraphische Untersuchung vorherging, stoßen die von zwei kartierenden Geologen bearbeiteten Gebiete mit einer auffallenden Dissonanz aufeinander (Silur gegen Oberdevon oder Karbon).

Wenn diese Gegensätze erst jetzt im palaeozoischen Gebirge und nicht schon im mesozoischen Gebirge so auffallend hervortreten, so liegt das daran, daß bei der Kartierung des mesozoischen Gebirges die Grundlagen der biostratigraphischen Untersuchung bereits vorlagen und leicht zu ergänzen waren. In der Heraus-

1) Ich würde sie lieber als Normalprofile bezeichnen. In möglichst eingehender Weise sollten sie immer wieder untersucht werden, da sie der Maßstab sind, auf den alle anderen Beobachtungen immer wieder bezogen werden.

arbeitung der Biostratigraphie des Mesozoikums und Tertiärs liegt aber eines der größten Verdienste der v. Buch-Beyrich- und von Koenenschen Schule.

Bei dem Widerstreit der Meinungen ist eine Entscheidung über den Wert oder Nichtwert der Biostratigraphie ein dringendes Bedürfnis. Nachdem ich mich von der Bedeutung der Biostratigraphie bei meinen bisherigen Studien über das Oberdevon [2]) und Unterkarbon überzeugt habe, bin ich, um eine Entscheidung herbeizuführen, an zwei Probleme herangetreten, die gestatten, beide Richtungen gegeneinander abzuwerten, nämlich in eine biostratigraphische Untersuchung des Mitteldevons, besonders der Eifel, und des Siegerländer Unterdevons. Über beide Probleme liegen bereits eine Reihe einander widersprechender Untersuchungen vom Standpunkte der Neowernerianer vor. Hier wird in Form einer vorläufigen Mitteilung über die bisherigen Untersuchungsresultate, die in der Eifel erzielt sind, berichtet.

Die Gliederung des Mitteldevons [3]).

Die obere Stufe des Unterdevons — ich stelle hierher die Oberkoblenzschichten, soweit sie Spiriferen der Gruppe des Spirifer cultrijugatus führen und die Cultrijugatusschichten E. Kaysers, in denen diese Gruppe ein Maximum der Häufigkeit und Verbreitung erlangt — fasse ich zur Cultrijugatusstufe zusammen. Der obere Teil dieser Stufe ist sowohl linksrheinisch wie rechtsrheinisch durch das häufige Zusammenvorkommen von mucronaten und cultrijugaten Spiriferen ausgezeichnet. Erst oberhalb dieser Schichten lasse ich wie schon E. Echulz das eigentliche Mitteldevon beginnen. Es wird hier also an Stelle der petrographischen Grenze eine biostratigraphische gesetzt.

Werden zur Gliederung des Mitteldevons die weitverbreiteten und häufigen Korallen benutzt, so ist eine Dreiteilung des Mitteldevons in ein unteres, mittleres und oberes Mitteldevon leicht durchzuführen. Das untere Mitteldevon erhält ein geradezu auf-

---

2) Selbst Herm. Schmidt muß in seiner Arbeit über Warstein meine Oberdevongliederung bestätigen. Das, was er als Etroeungt bezeichnet, ist vermutlich Oberdevon, sodaß die Transgression dann die Fossleytransgression ist.

3) Ueber die Gliederung des Mitteldevons der Eifel vergl. E. Rauff, Entwurf zu einem geologischen Führer durch die Gerolsteiner Mulde. Trotz mancher stratigraphischer Irrtümer hat das Buch für jeden Besucher der Gegend von Gerolstein nach wie vor Wert. — Die beste Arbeit hat m. E. Eugen Schulz mit seiner Dissertation „Die Eifelkalkmulde von Hillesheim" 1883 geliefert. Das von E. Schulz gegebene tektonische Bild ist sehr dürftig. Stratigraphisch sehr brauchbar ist auch E. Schulz' letzte Arbeit „Ueber einige Leitfossilien der Stringocephalenschichten".

fallendes Gepräge durch das dominierende Hervortreten von Tetrakorallen, deren Kelch einen mehr oder weniger breiten Kelchrand besitzt, einen Krempenkelch, wie ich ihn kurz nennen will (vergl. Quenstedt, Tafel 161). Die Breite dieses Kelchrandes steigert sich, je mehr man sich der Oberkante des unteren Mitteldevons nähert. Im mittleren Mitteldevon treten an Stelle dieser krempenkelchigen Formen Tetrakorallen mit Trichterkelch hervor. Ich habe sie früher als Campophyllen bezeichnet. Der Name ist zu ändern in Chonophyllen. Ihr Bau ist von denen der Cyathophyllen gänzlich verschieden, auch da, wo infolge Konvergenz eine gewisse Ähnlichkeit vorhanden sein kann (wie z. B. bei Chonophyllum hyperocrateriforme). Mit der Zone der Neospongophyllen, mit der ich das obere Mitteldevon beginnen lasse, ändert sich wiederum der palaeontologische Charakter der Korallen, indem nunmehr Stringophyllen als Leitformen hervortreten. Wie ich in einer ausführlichen Arbeit zeigen werde, wiederholt sich in diesen drei Abteilungen bei den verschiedenen Korallenstämmen der gleiche Entwicklungsgang, sodaß die Gliederung des Mitteldevons auf Grund von Korallen das Muster einer biostratigraphischen Gliederung zu werden verspricht.

Auf der beigehefteten Tabelle wird eine Übersicht über die bisher erzielten Resultate gegeben.

Bemerkungen zu der tabellarischen Übersicht des Mitteldevons.

Die Digonophyllenstufe ist sowohl in der Hillesheimer wie Gerolsteiner Mulde mit reicher Fauna vertreten; sie entspricht etwa den unteren Calceolaschichten E. Kaysers. Die dieser Stufe entsprechenden Brachiopodenhorizonte bezeichne ich als *α* oder *Dα* Typisch sind anscheinend Leptostrophia palma und Spirifer canaliferus. Der Brachiopodenkalk des Kirbachtales (Hillesheimer Mulde) gehört der Korallenfauna nach wenigstens noch mit seinem unteren Teile hierher. Die Fossilliste von E. Schulz scheint eine Sammelliste mehrerer Fundpunkte, wie mehrfach, zu sein.

Die nun folgenden brachiopodenreichen Schichten der Gerolsteiner Mulde (= obere Calceolaschichten E. Kayser und Rauff z. T.) bezeichne ich als *β*. Eine reiche Korallenfauna habe ich am Salmer Weg bei Gerolstein gesammelt. Sie ist von der *D*-Fauna verschieden; Digonophyllen, aber auch Heliophyllen fehlen. Ihre Bearbeitung ist bereits in Angriff genommen. Nach den Fossillisten gehört auch ein Teil der Brachiopodenkalke E. Schulz hierher. Charakteristisch sind vor allen Dingen Cyrtinopsis undosus, Schellwienella biconvexa, Douvillinen, bestimmte Sieberellen und Ptenophyllum gerolsteinense Wdkd.

D = Digonophyllumstufe.

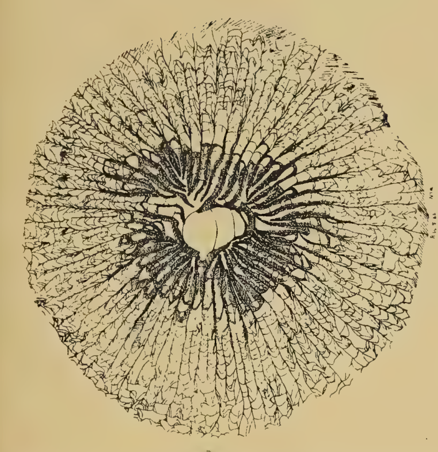
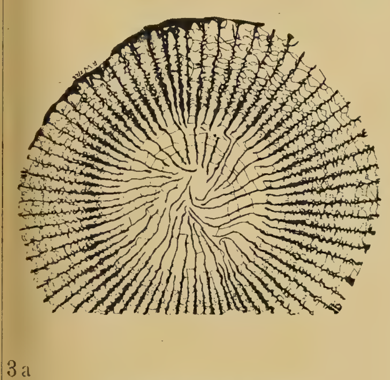


Fig. 1. Digonophyllum Schulzi Wdkd. Septen in der Zentralzone verdickt.



Fig. 2. Ptenophyllum praematurum Wdkd. Septen der Zentralzone nicht gelappt.

H = Heliophyllumstufe.



3a

4

3b

Fig. 3a. Keriophyllum Heiligensteini Wdkd.

3b. exzentrischer Längsschnitt.

Fig. 4. Trematophyllum n. sp.

Abteilung	Stufe	Zone	Fauna	Fundpunkte / Äquivalente
Oberes Mitteldevon			Massenkalk (wird zur Zeit untersucht).	
Oberes Mitteldevon	*N* Neospongophyllen-Stufe		Die Stringophyllen treten von nun an dominierend hervor. Charakteristisch vor allen Dingen Neospongophyllum und Schlüteria quadrigemina.	Quadrigeminusschichten von Hand. Nordflügel des Altenaer Sattels, Emst u. Unter-Grüne (n. Amanshauser). = Ob. Honseler Schichten Denckmann z. T.[1])
Mittleres Mitteldevon	*M* Mesophyllum-Stufe	M_2	Mesophyllum dominiert (Riegel fast vollkommen rückgebildet). Dazu tritt Mikroplasma u. s. w. Spongophyllen treten vollkommen zurück.	Klass. Fundpunkt ist Emst bei Hagen. = Ob. Korallenkalk von E. Schulz. Ob. Honseler Schichten A. Denckmann z. T.[1])
		M_1	Hauptspongophyllenlager mit zahlreichen Spongophyllen, mit „Cyathophyllum" hyperocrateriforme, glatten Unciten, Rhynchonella Schnurii und Stringocephalus (erstes häufigeres Auftreten!). Dazu Cosmophyllen, die zwischen Cosmophyllum und Mesophyllum (Emster Typen) vermitteln.	Klotzige Crinoidenkalke Rauff z. T. Zone des Uncites laevis Amanshauser Unt. Teil der oberen Honseler Schichten A. Denckmann.[1]) Oberer Korallenkalk E. Schulz z. T. ? Schichten mit Bornhardtina uncitoides E. Schulz. (Pelm, Mühlenberg, Hillesheim.)
	ε	ε_2	Zone des Spirifer undiferus	
		ε_1	Zone des Spirifer mediotextus — Hornförmige Korallen (Ceratophyllum) sind häufig.	Soetenich, Stadtkyll, Lennegebiet. = Unt. Honseler Schicht. Denckmann.[1])
	C Cosmophyllen-Stufe		C_2. Zone des Cosmophyllum Geigeri (n. sp.). Neben Cosmophyllen mit gespaltenen u. verbogenen Septen sind Cystiphyllen mit Stereoplasmaringen häufig. Vielleicht mit ε_1 zu parallelisieren.	Ausgezeichnet. Fundpunkt b. Niederehe.
			C_1. Zone des Cosmophyllum Dachsbergi Vollbrecht. Die typischen Cosmophyllen mit großen u. gut erhaltenen Kelchen finden sich in größter Verbreitung. Septen in der peripheren Zone nicht gespalten. (Fauna wird zur Zeit bearbeitet.)	Brandenbergschichten Denckmann.[1]) Crinoidenschichten E. Rauff z. T. (grobkristalline Crinoiden-Korallenkalke des Dachsberges). Ob. Korallenkalk E. Schulz von Berndorf u. s. w.

Mittl. M.-Devon	δ/γ	δ Zone d. Newberria amygdalina u. d. Spir. gerolsteinense	Die reiche Korallenfauna wird z. Z. bearbeitet.	Mühlenberg-Schichten Denckmann.[1]) Gerolstein, Hillesheim, Lennegebiet.
		γ^n Zone des Spirifer diluvianus.	Brachiopoden- u. Korallenschichten bisher nicht untersucht.	Nach E. Schulz: Korallenmergel ? Mittl. Korallenkalk? ? Crinoidenschichten?
Unteres Mitteldevon	*Do* Dohmophyllen-Stufe	Die Gruppe des Ptenophyllum dauert an. Daneben finden sich Ptenophyllen mit glatten und eingedrehten Septen. Heliophyllen sind fast ganz verschwunden. Dohmophyllum dominiert. Die Digonophyllen entfalten sich neuerdings mit den Mochlophyllen. Dazu Lekanophyllum.		Auburg-Schichten. Crinoidenschichten E. Schulz (?). Crinoidenschichten Rauff (?) ? Unt. Korallenkalk E. Schulz. (Gerolstein u. Hillesheim; die Stellung der Üxheimer Tillophyllenschichten noch fraglich.)
	H Heliophyllum-Stufe	Neben persistierenden einfachen Ptenophyllen treten nunmehr anch Ptenophyllen mit 1 oder 2 dominierenden Ansatzsepten hervor (scissum-Gruppe) und Ptenophyllen mit gelappten Ansatzsepten. Die Heliophyllen äußerst mannigfaltig.		Niedereher Schichten. ? Unt. Korallenkalk E. Schulz. Obere Ahrdorfer Schichten Quiring. Verschied. Zonen bei Niederehe, Zielsdorf (Hillesheim), Heiligenstein u. Mühlenberg (Gerolstein).
	β	β_1 Zone der Schellwienella biconvexa β_2 Zone des Cyrtinopsis undosus.	Vorherrschend sind Trilobiten, Schellwienellen, Douvillina, Atrypa, Athyris, Uncinulus (parallepipeda), Camarophoria microrhyncha, Sieberellen (verschiedene Arten). Korallen noch nicht bearbeitet.	Geeser Schichten. Brachiopodenkalk E. Schulz z. T. Obere Calceolaschichten E. Kayser z. T. Untere Ahrdorfer Schichten Quiring (Trilobitenfeld von Gees, Salmer Weg, Kirbachtal u. s. w.).
	D Digonophyllum-Stufe	α^n Zone der Leptostrophia palma und des Spirifer canaliferus.		Nohner Schichten. Nohner Kalk E. Schulz z. T. (entspricht dem oberen Teil der Stufe). Untere Calceolaschichten E. Kayser.
		Ptenophyllen sind mit primitiven Typen vertreten, deren Ansatzsepten fadenförmig (Pt. filosa), schwach verdickt (Pt. princeps) oder stark verdickt sind (Pt. crassum und praematurum). Nie Lappung der Ansatzsepten! — Digonophyllum ist reich vertreten und Charakterform. — Sphaerophyllen sind nur mit Spaerophyllum vorhanden.		

1) n. Amanshauser.

Do = Dohmophyllumstufe.



Fig. 5. Ptenophyllum n. sp. Septen der Zentralzone gelappt.



Fig. 6. Ptenophyllum intortum Wdkd.



Fig. 7. Dohmophyllum involutum Wdkd.

Nun setzen in beiden Mulden neuerdings korallenreiche Bildungen ein. Soweit sie noch zum unteren Mitteldevon gehören, enthalten sie sowohl bei Gerolstein wie bei Hillesheim zwei grundverschiedene Faunen: die der Dohmophyllum-Mochlophyllenstufe (*Do*) und der Heliophyllenstufe (*H*). Die eine ist außerordentlich reich an den mannigfaltigsten Heliophyllen, die der anderen (fast?) vollkommen fehlen. Es ist schon auffallend, daß Frech von der Auburg an Heliophyllen nur „Cyathophyllum planum" erwähnt. Auch in meinen Aufsammlungen und denen des Herrn Rektor Dohm, der mir immer wieder unermüdlich geholfen hat, habe ich Heliophyllum nicht gefunden. Die Stellung der Üxheimer Schichten

mit Tillophyllum Vollbrecht ist zur Zeit noch zweifelhaft. Vermutlich bilden sie die Tiefzone von *Do*.

An der Bahn Üxheim—Niederehe finden sich dort, wo nach der Karte von Schulz Crinoidenschichten zu erwarten sind, Auburgschichten mit typischer Fauna. Es sei ausdrücklich bemerkt, daß als Cyathophyllum maximum sehr verschiedene Formen bezeichnet werden, so ist das *C*.-maximum aus *H* verschieden von *C*.-maximum aus *Do*.

Die unteren Schichten des mittleren Mitteldevon habe ich bisher nicht eingehender untersuchen können. Darüber, daß die sogenannten Crinoidenschichten E. Kaysers und Rauffs sehr verschiedenen Horizonten angehören, dürfte heute ein Zweifel nicht mehr bestehen. Es folgen eine Reihe von Brachiopodenhorizonten, die ich in der Tabelle mit γ ausgezeichnet habe. Ihre stratigraphische Fixierung soll im kommenden Sommer versucht werden.

Die stratigraphischen Verhältnisse der sogenannten Caiquaechicht haben zu einer Polemik zwischen Quiering und E. Schulz geführt. Die Anschauung E. Schulz's ist m. E. die zutreffende. Ich habe besonderen Wert darauf gelegt, aus diesen Schichten eine reiche Korallenfauna zu gewinnen. Hier setzen die Ceratophyllen sin, die in der Zone ε_2 eine besondere Bedeutung bei Soetenich und anderen Orten erlangen. Nun folgt bei Gerolstein, Hillesheim und Soetenich und im Gebiete des Lenneschiefers die leicht kenntliche Cosmophyllenstufe. Erst nach der Arbeit von E. Vollbrecht war es möglich, die Cosmophyllen palaeontologisch zu erfassen und von dem Mochlophyllum zu unterscheiden. Die Cosmophyllenfauna tritt bei Gerolstein zwischen diesem Ort und dem Vorkommen der sogenannten Caiquaschichten und am Bahneinschnitt in größerer Verbreitung auf. Diese Schichten werden von Rauff als Crinoidenschichten bezeichnet; demnach würden sie unter den sogenannten Caiquaschichten des Dachsberges liegen. Die in den anderen Mulden gemachten Beobachtungen zeigen aber mit Bestimmtheit, daß die Cosmophyllenstufe [4]) oberhalb der Caiquaschichten liegt. Während bei Hillesheim und Gerolstein nunmehr sehr komplizierte biostratigraphische Verhältnisse folgen, treten bei Soetenich über den Cosmophyllenschichten Brachiopoden-Horizonte auf, die in der tabellarischen Uebersicht mit ε eingetragen sind. Ich bin in dieser vorläufigen Mitteilung zunächst von diesem einfacheren Sachverhalt

4) Hier sind also zunächst alle Cosmophyllum führenden Schichten zusammengefaßt und nach der bei Hillesheim zu beobachtenden Folge in das Hangende von δ gesetzt. Erst die Untersuchung der gesamten Korallen von *C* kann entscheiden, ob eine Korrektur nötig und ein Teil der Cosmophyllum führenden Schichten in das Liegende von δ zu setzen ist, was mir zur Zeit freilich äußerst unwahrscheinlich erscheint.

ausgegangen. Über diesen Brachiopodenhorizonten folgt dann die Mesophyllenstufe, die bei Emst (Hagen) klassisch entwickelt ist. Der obere Korallenkalk E. Schulz entspricht — ältere Arbeiten von E. Schulz — der Stufe C^2 und — jüngere Arbeiten von E. Schulz — unserer Stufe *M*.

Nun finden sich bei Gees und an anderen Punkten der Gerolsteiner Mulde, außerdem in der Hildesheimer Mulde crinoidenreiche und korallenreiche Kalke, die reich an Spongophyllen, an Chonophyllum hyperocrateriforme, glatten Unciten, Uncinulus Schnurii und auch bereits an Stringocephalus sind. Ich will sie als Hauptspongophyllenstufe bezeichnen. Nach meinen gesamten bisherigen Beobachtungen können sie nur der Zone ε^2 im Liegenden der Stufe *M* entsprechen. Die Untersuchungen sind bisher noch nicht abgeschlossen, da das Schleifen der Korallen eine außerordentlich zeitraubende Arbeit ist. Ich stimme also in meiner Anschauung wenigstens einigermaßen mit der von E. Schulz überein. Meine Anfang April 1922 fortgeführten Untersuchungen in der Hillesheimer Mulde haben gezeigt, daß den Schichten ε Korallenschichten entsprechen, deren Korallen in kontinuierlicher Weiterentwicklung von Cosmophyllum zu Mesophyllnm führen. Zuunterst liegt bei Niederehe eine Korallenfauna, die sich noch auf das engste an Cosmophyllum anschließt und als eine höhere Zone der Cosmophyllenstufe aufgefaßt werden muß. Die Septen dieser Cosmophyllen sind gespalten, die Riegel aber noch sehr ausgeprägt. Dann folgen Schichten mit glatten Unciten (häufig), in denen sich Mesophyllum Dohmi Wdkd, (1921) findet. Diese Art steht den Mesophyllen bereits sehr nahe, da die Riegel stark zurücktreten und die für Mesophyllum charakteristische septenfreie Randzone sich gerade herauszubilden beginnt. Es ist interessant, daß auch Mesophyllum noch Spuren von Riegeln besitzt. Dazu tritt immer „Cyathophyllum hyperocrateriforme“ und Spongophyllum.

Auch das obere Mitteldevon läßt eine Gliederung nach Korallen zu. Über der Stufe *N* folgen die Sp·nophyllenschichten, über denen wiederum Korallenkalke folgen, die durch Cosmophyllum-ähnliche Formen ausgezeichnet sind. Die Bearbeitung der hierhergerörigen Korallenfaunen ist noch nicht soweit gefördert, daß die Resultate in die tabellarische Übersicht schon hätten aufgenommen werden können.

Übersicht über den Entwicklungsgang der Cyathophyllidae.

Innerhalb der Cyathophyllidae treten drei Unterfamilien scharf hervor. Eine ausführliche Uebersicht wird an anderer Stelle erfolgen. Es sind folgende Unterfamilien zu unterscheiden:

1. Unterfamilie Ptenophyllinae
2. Unterfamilie Digonophyllinae
3. Unterfamilie Spaerophyllinae.

1. Die Ptenophyllinae sind im ganzen unteren Mitteldevon außerordentlich häufig. Charakteristisch sind für sie folgende Momente:

1. Der Kelch ist ein ausgesprochener Krempenkelch.
2. Die Böden sind in der Peripherie in Blasengewebe (Interseptallamellen) aufgelöst, bewahren aber in der Mittel- und Zentralzone Bodennatur. Die Böden sind entweder leicht konkav mit zentraler Übertiefung oder (?) horizontal. Nie sind sie in Systemen angeordnet.
3. Die Septen sind primär immer verdickt. Die zentralen Septenabschnitte sind von den übrigen Abschnitten der Septen verschieden. Ich bezeichne sie der Kürze halber als Ansatzsepten. Von den eigentlichen, primären, nicht verdickten Septen gehen Intraseptalleisten aus, die die Struktur der Septen besitzen und als nicht freie Leisten an den blattförmigen Septen entlang ziehen. Sie werden ganz von Stereoplasma eingehüllt (Ptenophyllum Wdkd.). Indem nun unter gleichzeitigem Schwund des Stereoplasmas in sehr verschiedener Weise freie Septalleisten entstehen, geht aus dem Ptenophyllum-Bau der Heliophyllum-Bau hervor.

In der Digonophyllenstufe sind bisher nur Ptenophyllumarten nachgewiesen. Neben sehr primitiven Formen, Pt. primum Wdkd., das kaum verdickte Septen, regelmäßige Interseptallamellen und regelmäßige Böden besitzt, sind in dieser Stufe die Ptenophyllen besonders durch die Gruppe des Ptenophyllum princeps vertreten. Die Böden sind bei den Vertretern dieser Gruppe in langgestreckte Blasen aufgelöst, die insgesamt trichterförmig mit einer zentralen Übertiefung angeordnet sind. Sehr interessante Verhältnisse bieten die Septen. Während die Septen selbst immer verdickt sind, treten in der Verdickung der Ansatzsepten, die nur an die Septen erster Ordnung ansetzen, recht labile Verhältnisse auf. Von fadenförmiger Ausbildung der Ansatzsepten mit sehr feinem stereoplasmatischen Belag (Pten. filosa Wdkd.) sind alle Übergänge zu so starker Verdickung der Septen durch Stereoplasma vorhanden, daß zwischen den Ansatzsepten kaum noch ein Hohlraum vorhanden ist. Abspaltung ist bei diesen älteren Ptenophyllen nicht besonders häufig, nur bei Pt. praematurum ist die Abspaltung sehr ausgeprägt. Nie aber sind diese verdickten Ansatzsepten gelappt. Scharfe Grenzen zwischen den einzelnen Ptenophyllenarten dieser Stufe gibt es nicht. Die Ptenophyllen aus den Schichten des Salmer Weges bieten gegenüber den älteren Ptenophyllen der *D*-Stufe nichts wesentlich neues.

Einfache Ptenophyllen mit nicht verdickten Ansatzsepten gehen bis an Oberkante des unteren Mitteldevons hinauf und sind auch in den Auburgschichten noch vorhanden. Zwei besondere und leicht voneinander zu unterscheidende Typen bilden sich unter den jüngeren Ptenophyllen heraus. Einmal ein Typus, den ich als Ptenophyllum quadripartitum bezeichnen will, bei dem die Ansatzsepten bei allgemein radialer Anordnung im unteren rechten und oberen linken Felde des Dünnschliffs senkrecht auf die radialgestellten Septen abstoßen. Dadurch entsteht auch die auffallende Felderung der Kelchgrube. Bei dem zweiten Typus sind alle Ansatzsepten gleichmäßig eingedreht. Deutlich tritt diese Eindrehung bereits in dem Üxheimer Niveau bei Pt. tornatum und sehr ausgeprägt im Auburg-Niveau bei Pt. intortum hervor. Wo Anklänge an ältere Formen vorliegen, hilft die verschiedene Septenzahl die Unterscheidung durchführen.

Eine ganz andere Entwicklungsrichtung schlägt die Formengruppe ein, die als Gruppe des Pt. scissum bezeichnet werden soll. Bei dieser Gruppe treten ein oder zwei einander fast gegenüberliegender Ansatzsepten zunächst durch Länge stärker hervor, sodaß die Kelchgrube gespalten erscheint. Mit verhältnismäßig einfachen Formen ist diese Gruppe bereits in der *H*-Stufe vorhanden.. Bei den Formen dieser Stufe können die Ansatzsepten verdickt sein und auch wohl Firstleisten, aber noch keine ausgesprochene Lappung zeigen. Neben diesen Formen treten in der *D*-Stufe Formen hervor, bei denen die Ansatzsepten stark verdickt und ausgesprochen gelappt sind, sodaß die zentrale Zone ein ganz verworrenes Aussehen erhalten kann. Hierher gehören Pt. pseudofibrosa und Richteri.

Am bedeutungvollsten und interessantesten ist der Übergang der Ptenophyllen in Formen von heliophyllumartigem Bau. Dieser Übergang findet in sehr verschiedener Weise und bei sehr verschiedenen Gruppen statt. Die Umbildung der Ptenophyllumsepten mit Intraseptalleisten in die Heliophyllumsepten mit freien Septalleisten ergreift nun mit Beginn der *H*-Stufe die verschiedensten Stammreihen der Ptenophyllen, sodaß diese Stufe gleichzeitig den Höhepunkt der Entwicklung der Heliophyllen zeigt. Den Beginn dieser Umbildung zeigt z. B. ein Vertreter der Pt. scissum-Gruppe vom kleinen Heiligenstein, Pt. cicatricosum Wdkd. Dieser besitzt im allgemeinen durchaus Ptenophyllensepten, stellenweise, also nicht allgemein, zerspalten diese Septen in der peripheren Zone und tragen außerdem in dieser Zone freie Septalleisten. Vollzogen ist die Umbildung bei Keriophyllum Heiligensteini Wdkd. Bei dieser Art zerspalten die Septen an verschiedenen Stellen, indem sich gleichzeitig freie Septalleisten entwickeln. Dadurch erhalten die Septen im Querschnitt ein wabenartiges Aussehen. Die Zentralzone ist ein-

fach gebaut. Keriophyllum ist bisher nur am Heiligenstein gefunden. Von einer anderen Wurzel geht wiederum Trematophyllum, besonders häufig bei Niederehe (Hillesheim), aus, das knotig verdickte und auch wohl gelappte Ansatzsepten besitzt, also komplizierte Zentralzone. Bei dieser Gattung werden die verdickten Ptenophyllumsepten löcherig, und, indem die Löcher durch die Wände der Septen seitlich durchbrechen, entstehen Firstleisten.[5]) Es fehlt also hier die für Keriophyllum charakteristische Zerspaltung der Septen. Zu diesen beiden Typen tritt noch ein dritter, der als Brochiphyllum bezeichnet werden soll. Die Ansatzsepten sind einfach und nicht gelappt wie bei Keriophyllum. Die Septen sind regelmäßig mit freien Septalleisten besetzt, die in der peripheren Zone Septalleisten zweiter Ordnung und selbst dritter Ordnung tragen, sodaß hier ebenfalls ein Maschengewebe entsteht, das von dem der Keriophyllen indessen verschieden ist. Vieleicht existiert zwischen beiden Genera ein genetischer Zusammenhang. Ein echtes Heliophyllum, das den amerikanischen Formen entspricht, besitze ich bisher aus der Eifel noch nicht, wenn auch der Nachweis bald noch zu erwarten ist. Brochiphyllum findet sich bei Niederehe, am Heiligenstein und auch bei Zielsdorf.

In der *D*-Stufe findet ein auffallender Rückgang der Ptenophyllen statt. Hier treten neben primitiven ganz aberrante Ptenophyllen auf, die wegen ihrer palaeontologischen Bedeutung später ausführlich behandelt werden sollen. Typisch ist u. a. Dohmophyllum, mit breit umgeschlagenen und abgebogenen Kelchrändern. Die Zentralzone ist kompliziert und erinnert an Trematophyllum, aus dem Dohmophyllum vermutlich hervorgegangen ist. Die Septen sind dünn und tragen Firstleisten, die Interseptallamellen sind in der peripheren Zone nach außen konkav.

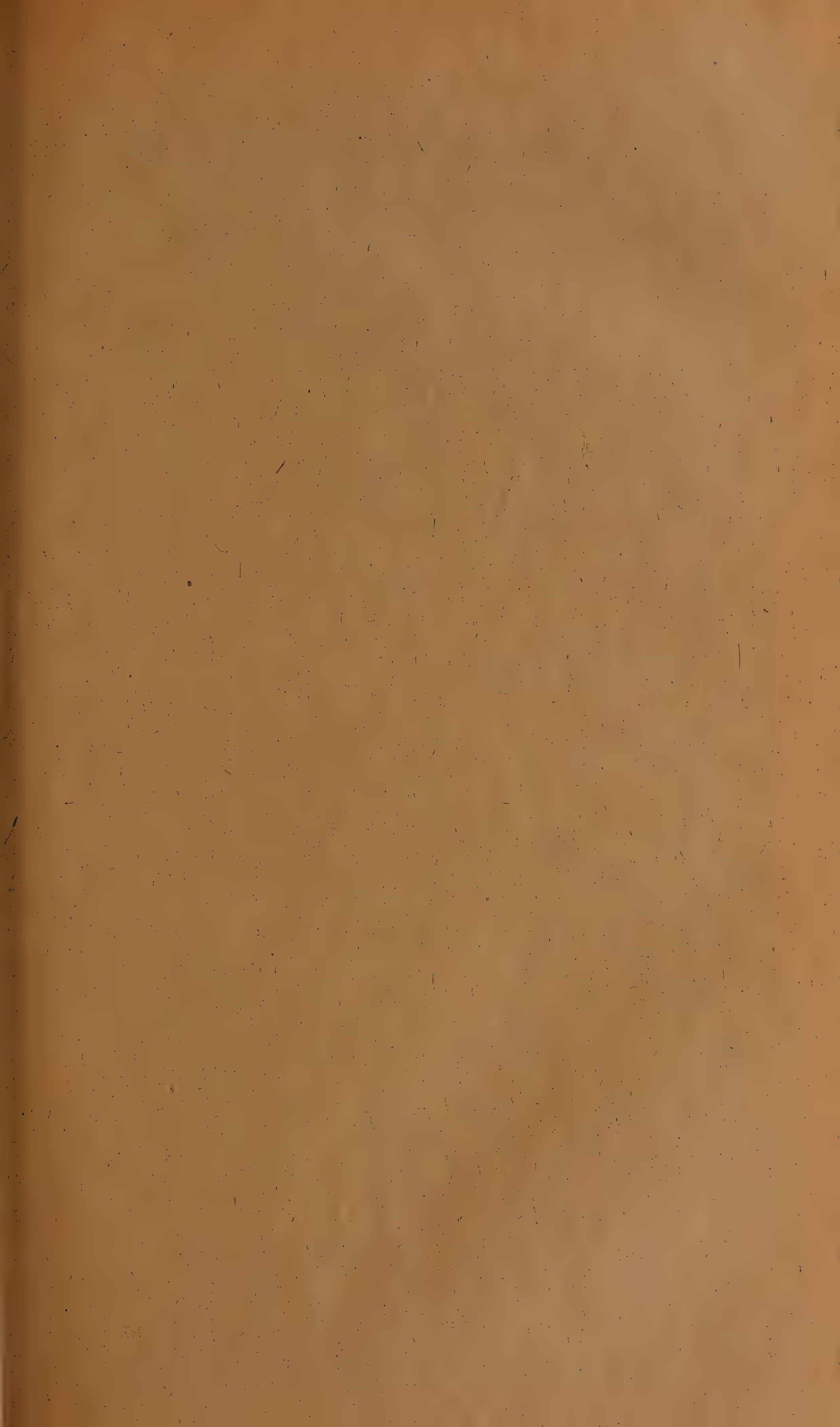
2. Die Digonophyllinae unterscheiden sich von den Ptenophyllen dadurch, daß die Böden vollkommen aufgelöst sind, sodaß eine zentrale Zone auf Grund des Blasengewebes von einer peripheren nicht mehr zu unterscheiden ist. Digonophyllum selbst ist leicht daran zu erkennen, daß die Septen der Zentralzone in auffallender Weise verdickt sind; Septalleisten fehlen noch. Hierher gehören auch noch die beiden Genera Tillophyllum und Mochlophyllum (Cyathophyllum maximum), die von E. Vollbrecht zur Zeit bearbeitet werden.

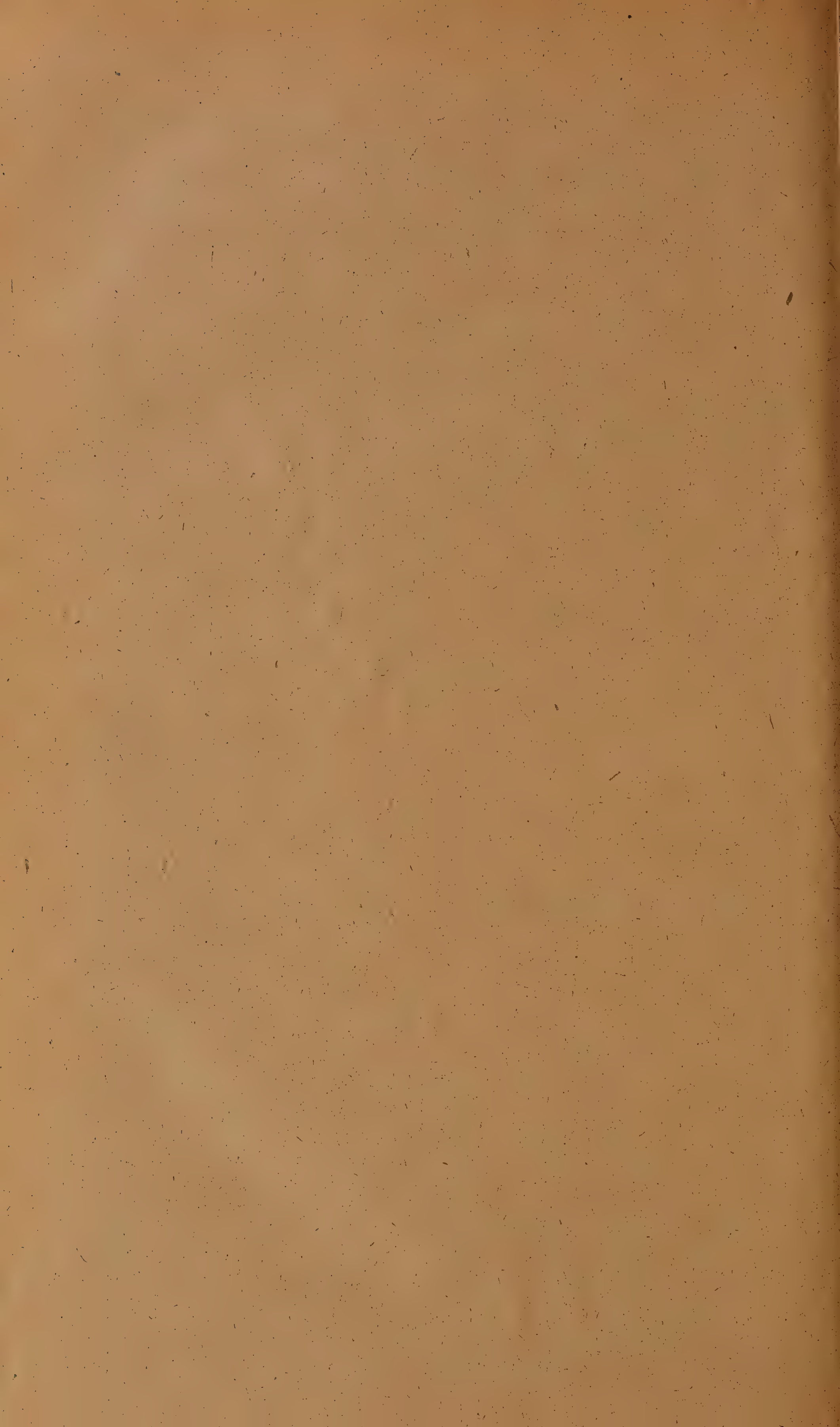
3. Die Sphaerophyllinae besitzen ebenfalls ganz aufgelöste Böden. Charakteristisch ist für sie im Querschnitt die ringförmige Anordnung der zentralen Blasenschnitte. Sphaerophyllum selbst besitzt noch keine Septalleisten oder Riegel, während Lekanophyllum diese Bauelemente besitzt.

---

5) Neue Schliffe machen eine Korrektur dieser Anschauung nötig.







Sitzungsberichte

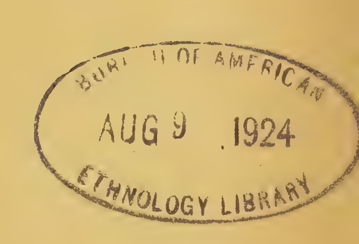
der

Gesellschaft zur Förderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1922 — II. Teil



Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
1923.



Über Drosera binata.

Von H. Dieterle.

Bei den Untersuchungen über die physiologische Bedeutung des Calciums für die Blütenpflanzen beobachtete Eichhorn in den Wurzeln und Blattstielen von Drosera binata zahlreiche Kristallnadeln von raphidenähnlichem Aussehen. Die von Eichhorn ausgeführte mikrochemische Untersuchung dieser Nadeln zeigte jedoch, daß es sich in dem vorliegenden Falle nicht um Raphiden von Calciumoxalat handeln konnte.

Fünfstück und Braun[1]) versuchten, den Körper nach Möglichkeit zu identifizieren und sie kamen zu dem Schluß, daß es sich um einen dem Juglon nahestehenden Körper handelt. Im Einverständnis mit Herrn Prof. Dr. Fünfstück habe ich die weitere chemische Bearbeitung dieses Körpers übernommen.

Durch Extraction der feinzerschnittenen Blattstiele — da die Vermehrung der Drosera binata im Gewächshaus nur durch Wurzelstöcklinge stattfindet, habe ich aus ökonomischen Gründen von der Verarbeitung der Wurzeln Abstand genommen — mit Äther erhält man eine gelbgrüne Lösung, die nach dem Abdestillieren einen rotbraunen, schmierigen, mit Nadeln durchsetzten Rückstand von eigentümlichem, scharfem und durchdringendem Geruch hinterläßt. Durch Umlösen des Rückstandes aus kochendem Wasser kann eine Trennung von den schmierigen Bestandteilen erreicht werden. Beim Erkalten der wässerigen Lösung erfolgt Abscheidung feiner goldgelber Nadeln.

Die Mikroelementaranalyse nach Müller-Willenberg[2]) läßt auf einen Körper von der Zusammensetzung $C_{10} H_8 O_3$ schliessen. Methoxylgruppen sind nicht nachzuweisen.

Die empirische Zusammensetzung würde, unter der Voraussetzung, daß es sich wirklich in dem vorliegenden Fall um einen dem Juglon nahestehenden Körper handelt, auf ein teilweise hydriertes Oxynaphtochinon schließen lassen.

Der F. P. liegt im offenen Röhrchen bei 106 bis 108°, im zugeschmolzenen bei 107 bis 108°, während bereits bei 78° eine Bräunung und bei 75° eine geringe Sublimation eintritt.

---

1) Ber. Botan. Ges. XXXIV, 160 (1916).

2) J. pr. [2] 99, 34 (1919).

Die Nadeln sind schon bei gewöhnlicher Temperatur etwas flüchtig, leicht löslich, und zwar mit goldgelber Farbe, in Äther, Methyl- und Aethylalkohol, Petrolaether und Chloroform, weniger löslich in siedendem Wasser, sehr schwer löslich in kaltem Wasser. Mit Wasserdämpfen sind sie leicht flüchtig.

Im ganzen standen mir ungefähr 0,6 gr dieser Nadeln zur Verfügung. Ich führte mit dieser geringen Menge noch verschiedene zur Charakterisierung des Körpers beitragende Reaktionen aus, über die an anderer Stelle ausführlich berichtet wird.

Da es nicht ausgeschlossen erscheint, daß von anderer Seite die Droseraceen ebenfalls einer Bearbeitung unterzogen werden, sehe ich mich veranlaßt, schon jetzt mit meinen Ergebnissen an die Oeffentlichkeit zu treten, um mir dieses Arbeitsgebiet für einige Zeit zu sichern. Ich habe außer Drosera binata noch Drosophyllum lusitanicum, Drosera capensis, Drosera rotundifolia, longifolia und anglica in mein Arbeitsgebiet einbezogen.

Herrn Prof. Dr. Weigel, der in liebenswürdiger Weise die kristallographische Untersuchung übernommen hatte, sowie Herrn Prof. Dr. Nordhausen, durch dessen Entgegenkommen mir im botanischen Garten größere Mengen von Drosera binata gezogen wurden, sage ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank.

Nr. 6 Juni 1922

Die Kinematographie im physiologischen Unterricht.

von F. B. Hofmann.

Durch eine günstige Fügung bot sich mir die Gelegenheit, für das Institut einen kinematographischen Vorführungsapparat zu erwerben. Der von der Firma Hahn in Kassel gebaute Apparat hat Stillstandsvorrichtung und einen besonders leisen Gang, der dadurch herbeigeführt ist, daß die Zahnradübertragungen in einem geschlossenen Gehäuse in Oel laufen, wodurch das laute Rattern anderer Apparate, die jede Erläuterung während der Vorführung selbst unmöglich machen, vermieden wird.

Das Bedürfnis nach kinematographischen Vorführungen kann zunächst als ein Teil des Problems behandelt werden, wie man einer großen Zahl von Studenten die Einzeldemonstrationen während und am Schlusse der Vorlesungen möglichst nutzbringend gestalten kann. Solange sich die Hörerzahl innerhalb sehr enger Grenzen hielt, war das noch in der Form möglich, daß man jedem Studierenden oder einer ganz kleinen Gruppe die dargebotenen Versuche nach einander einzeln erklärte, wie dies hier in Marburg in vorbildlicher Weise durch E. Külz geschah. Wenn aber die Zahl der Hörer auf über 100 steigt, reicht dazu die Zeit nicht mehr aus, und man muß dann Mittel und Wege suchen, die Unterweisung ohne Schädigung des Lehrzwecks möglichst abzukürzen. Dies ist der erste Fall, in dem die Kinematographie im physiologischen Unterricht mit Vorteil Verwendung finden kann.

Am deutlichsten wird das bei der Demonstration von komplizierten Bewegungsvorgängen unter dem Mikroskop. Jeder Mediziner muß ganz unbedingt das Bild des Blutkreislaufs in den feinen Blutgefäßen unter dem Mikroskop selbst gesehen haben, und zwar nicht bloß in einer kurzen Vorlesungsdemonstration. Vielmehr muß er Zeit haben, sich das Bild gründlich einzuprägen, und das kann nur in den praktischen Uebungen geschehen. Wir sind heute in der Lage, dieser Demonstration noch den Teil von Grausamkeit zu nehmen, der früher darin lag, daß die Frösche mit Kurare vergiftet und dadurch bloß bewegungslos gemacht wurden. Heute betäuben wir die Tiere mit Urethan bis zur völligen Bewußtlosigkeit, ohne daß dabei der Kreislauf Schaden leidet, und dieser Urethanschlaf hält in voller Tiefe stundenlang an, sodaß man während desselben alle Operationen ausführen kann, ohne dem Tier Schmerz zu bereiten. Als Einführung aber zu den eigenen Beobachtungen der Studierenden ist es im höchsten Grade förderlich, wenn man ihnen zunächst den Kreislauf im Filmbild vorführen und sie auf die wichtigsten Punkte, die sie später beim eigentlichen Versuch selbst zu beachten haben, aufmerksam machen kann, etwa auf den Unterschied zwischen dem Kreislauf in den

kleinen Arterien und den Venen, auf das Durchzwängen der Blutkörperchen durch enge Stellen und ihre Formänderung dabei usf. Der Vortragende kann so der ganzen großen Hörerschar alle diese Einzelheiten auf einmal erklären, ohne durch die fortwährende Wiederholung zu ermüden. Man kann natürlich dasselbe erreichen, wenn man den Kreislauf am Tiere selbst im Diaskop projiziert. Aber das ist umständlich, die Demonstration erfordert eine längere Vorbereitung, und sie kann dazu verleiten, daß man mit ihr die Demonstration des Kreislaufs für erledigt hält, während es doch wie bemerkt darauf ankommt, daß der Student am Objekt selbst alle Einzelnheiten der Anordnung, Lagerung usw. vollkommen überblickt.

Aehnlich, wenn auch in mancher Beziehung schon etwas anders, steht es mit der Beobachtung der amöboiden Bewegung. Sie gut zu sehen, bietet sich dem Mediziner öfter Gelegenheit, denn die Beobachtung der amöboiden Bewegung der weißen Blutkörperchen steht wohl überall im Programm des histologischen Praktikums, und die Bewegung der Amöben selbst bekommt der Student im zoologischen Praktikum zu Gesicht. Trotzdem ist es sehr angenehm, bei der Besprechung dieses Vorgangs den Studenten im Kolleg das ihnen von anders her bekannte Bild nochmals ins Gedächtnis zurückzurufen und ihnen die Einzelheiten desselben im Film zu zeigen.

Als drittes Beispiel führe ich Ihnen einen Film vor, der die feinsten Körnchen im Blut, die sogenannten Hämatokonien, in Dunkelfeldbeleuchtung zeigt. Der Film gibt unter anderem sehr hübsch den Unterschied zwischen der Brown'schen Molekularbewegung und der Flüssigkeitsströmung wieder, und eignet sich daher sehr gut dazu, die Studenten, denen ja die Molekularbewegung beim Mikroskopieren allenthalben aufstößt, auf ihre Eigenart gegenüber einer gleichmäßigen Strömung aufmerksam zu machen.

Als Hilfsmittel zur Vorbereitung auf die eigentliche Demonstration kann der Film ferner dienen bei Versuchen an kleinen Objekten, die von den Studenten zwar mit freiem Auge, aber doch mehr aus der Nähe besichtigt werden müssen. Ich erwähne die Versuche am überlebenden Froschherzen. Auch hier ist die Besichtigung des Versuchs am Objekte selbst unerläßlich. Aber auch hier wird der Hinweis auf die zu beachtenden Einzelnheiten ganz wesentlich erleichtert, wenn man den Film — ich zeige Ihnen hier einen vom Schildkrötenherzen — zunächst vor den Augen des Hörers abrollen läß. Hierher wären dann auch die pharmakologischen Versuche am Herzen zu rechnen, deren Besprechung allerdings nicht mehr in die Physiologie hinein gehört.

Wie aus dem Gesagten schon hervorgeht, bin ich durchaus nicht der Meinung, daß der Film berufen sei, das Experiment in der physiologischen Vorlesung überhaupt zu ersetzen. Es gibt eben Versuche, die unbedingt vor den Augen des Studierenden am Tier selbst ausgeführt werden müssen, wenn er sie voll verstehen soll. Zu diesen gehört z. B. auch der Blutdruckversuch. Auch der beste Film, der alle Vorbereitungen, die Operation selbst und die Aufnahme der Kurven aufs schönste zeigte, kann das eigene Erleben des Versuches nicht vollwertig ersetzen. Allerdings ist es nicht notwendig, daß jeder Student oder jede kleine Praktikantengruppe nun selbst einen solchen Versuch am Tier ausführt. Es genügt meiner Ansicht nach vollkommen, wenn der Versuchsleiter, Professor oder Assistent, den Versuch einer Gruppe von Studenten vorführt, die so klein gewählt werden muß, daß jeder noch bequem zusehen und die Einzelnheiten verfolgen kann. Das garantiert eine reinliche und saubere Ausführung des Versuchs und vermeidet bei sorgfältiger Anwendung der modernen Narkosemittel jede Tierquälerei.

Es gibt aber andere Versuche, die nicht ganz so einfach sind, wie ein Blutdruckversuch. Hier wäre in der Tat ein Ersatz durch den Film in vielen Fällen sehr wertvoll, ja besser als ein nur mäßig gelungenes Experiment. Leider muß man aber gleich hinzufügen, daß Filme von solchen Versuchen bisher nur in geringer Zahl vorhanden sind. Ein derartiger Film, der sehr gerühmt wird, den ich mir aber bisher nicht verschaffen konnte, ist der von Braun über die Achsendrehung des Herzens und die Entstehung des Herzstoßes. Andere wie der von Polimanti über die zerebellare Ataxie beim Hund, sind im Ausland angefertigt und uns daher zur Zeit nicht zugänglich. Gerade für solche Versuche, wie die letztgenannten, die wegen der umständlichen und zeitraubenden Operation, oder auch für solche, die wegen des kostbaren Tiermaterials (z. B. von anthropoiden Affen) unmöglich öfter wiederholt werden können, wäre der Film ein wissenschaftliches Dokument, das man immer wieder reproduzieren könnte. Er hätte da nicht bloß einen unvergleichlichen Unterrichts-, sondern auch einen hohen Forschungswert. Leider besteht bei den hohen Kosten, die für Filmaufnahmen jetzt aufgewendet werden müssen, und der geringen Vertriebsfähigkeit derartiger streng wissenschaftlicher Filme wenig Aussicht, daß sich ihre Zahl in der nächsten Zukunft rasch vermehren wird. Am ehesten kann man solche Filme noch erhalten, wenn sich auch die praktische Medizin dafür interessiert und dadurch ihr Interessentenkreis steigt.

Da gibt es nun ein großes Gebiet, das, wie die Dinge heute liegen, wohl nur ganz ausnahmsweise in einem physiologischen Institut in natura demonstriert werden kann, nämlich die Beobach-

tungen im Röntgenbild. Für diesen Zweck kann daher im physiologischen Unterricht allein der Röntgenfilm einen Ersatz bieten. In Betracht kommen vor allem die Filme von der Magen- und und Darmbewegung, von denen ich den ersteren zeige. Freilich weist der Film das auf, was man heute als „Zeitraffung" bezeichnet, d. h. die Bewegungen sind in sehr langsamer Folge aufgenommen, und sie werden nun mit einer hohen Reproduktionsfrequenz so zusammengedrängt, daß die Bewegungen mit ganz unnatürlicher Geschwindigkeit ablaufen. Daher besteht zweifellos eine gewisse Gefahr, daß der Student ein falsches Bild durch sie erhält. Ich glaube aber, man darf diese Gefahr nicht so sehr überschätzen, daß man den Film ganz ablehnt. Zunächst kennt heute jeder Student vom Kino her die unnatürliche Beschleunigung der Bewegungen. Sodann ist in unserem Falle die Bewegung so übertrieben rasch, daß es nicht schwer fällt, dem Hörer begreiflich zu machen, daß eine so rapide Peristaltik, wie sie da im Film abschnurrt, ganz undenkbar wäre. Vielleicht wäre in dieser Hinsicht eine größere Annäherung an die natürliche Geschwindigkeit sogar gefährlicher. Bezüglich der Darmperistaltik hat der Mediziner ja auch bei der Beobachtung des überlebenden Darms am eben getöteten Tier und noch mehr des Darms in situ mit dem Lohmann'schen[1]) oder Katsch'schen Bauchfenster, sowie später in der Klinik reichlich Gelegenheit, seine Vorstellung über den Bewegungsablauf zu korrigieren. Bei der Demonstration der Magenbewegung dreht es sich aber um die Alternative, entweder die Bewegung im Film beschleunigt zu zeigen, oder auf die Demonstration überhaupt zu verzichten. Wenn Sie den Film mit der daneben hängenden Tafel vergleichen, welche nach Cannon eine Serie von Einzelbildern des sich entleerenden Magens zeigt, so wird Ihnen begreiflich werden, welch großer Verlust an Anschaulichkeit mit dem Aufgeben des Films verbunden ist.

Unentbehrlich ist der Film ferner, wenn es sich darum handelt, Vorgänge an Tieren zu zeigen. die uns hierzulande nicht zur Verfügung stehen, insbesondere z. B. an Seetieren. An solchen Bildern ist freilich zumeist die vergleichende Physiologie interessiert. Aber auch für die menschliche Physiologie können manche dieser Bilder von Wert sein, so z. B. für den Vergleich mit den Herzbewegungen die Schwimmbewegungen der Qualle.

Endlich gibt es noch ein Gebiet, in dem der Film wohl überhaupt für den Physiologen das einzige zweckentsprechende Demonstrationsmittel ist. Der Physiologe, dem die Ausbildung der Mediziner in einer der grundlegenden Wissenschaften des Gesamtfaches anvertraut ist, kann nicht davon absehen, an ge-

---

[1]) Z. f. Biol. Bd. 59, S. 317, 1913 u. Abderhaldens Handb. d. biochem. Arbeitsmethoden, Bd. 6, S. 612 1912.

eigneten Stellen auch auf pathologischen Vorkommnisse Bezug zu nehmen. Ich denke dabei nicht in erster Linie an den bloßen Hinweis darauf, daß die vorgetragenen Tatsachen etwa von besonderer Bedeutung für die Klinik sind, sondern an viel engere Zusammenhänge. Große Gebiete der Physiologie lassen sich nämlich nicht oder doch nur sehr bruchstückweise durch das Tierexperiment erforschen, sondern bloß durch Untersuchungen am normalen und erkrankten Menschen. Dazu gehört fast die gesamte Sinnesphysiologie, aber auch manche Teile der Physiologie des Zentralnervensystems. Der Physiologe, der bei der Lehre von den willkürlichen Bewegungen und ihrer Regulierung ganz und gar von der menschlichen Pathologie absehen wollte, würde sich eines guten Teiles des wertvollsten Materials selbst berauben. Nun gehört es zum Wesen des naturwissenschaftlichen Unterrichts, daß der sogenannte Hörer die Dinge nicht nur vom bloßen Hörensagen kennen lernen soll, sondern daß sie ihm nach Möglichkeit auch vor Augen geführt werden. In den allermeisten Fällen wäre es aber nicht angängig, im physiologischen Unterricht den Patienten selbst vorzuführen. Das verbietet sich zumeist schon aus rein äußerlichen Gründen (Entfernung von der Klinik, rechtzeitige Beschaffung geeigneter Fälle), aber auch aus Gründen, die in der Natur der Sache selbst liegen. Der Patient ist eben kein bloßer „Fall“, sondern ein kranker Mensch mit seinen Besonderheiten und seiner eigenen Psyche, und wenn wir es auch versuchen würden, ihn rein geschäftsmäßig als Demonstrationsobjekt zu verwenden, so würden wir es doch nicht verhindern können, daß die Studenten durch die Besonderheiten, die jeder Einzelfall darbietet, viel mehr von der Sache selbst abgelenkt würden, als es der speziellen Frage, zu deren Illustration der Patient dienen soll, nützlich ist. Der Film hingegen objektiviert, „entpersönlicht“ den Krankheitsfall. Er gibt wirklich, ohne Ablenkung gemütlicher und sonstiger Art, nur den Typus wieder. Dies und der Umstand, daß er jederzeit zur Verfügung steht, also gerade an der passenden Stelle des laufenden Vortrages eingeschaltet werden kann, ermöglicht daher erst solche Vorführungen im physiologischen Unterricht. Dazu kommt noch, daß Filme dieser Art, die einen viel weiteren Kreis von Fachleuten, zum Teil sogar das große Publikum interessieren, leichter zu beschaffen sein werden. Ich glaube daher, daß sich hier ein besonders aussichtsreiches Feld für die Verwendung des Films im physiologischen Unterricht darbietet.

Freilich, der Unterrichtsfilm muß auch herbeigeschafft werden, und hier erheben sich nun Schwierigkeiten. Es handelt sich dabei nicht bloß um das Geld für die Kopie oder das Ausleihen der Filme, sondern noch mehr darum, daß man überhaupt erst die Stellen ausfindig machen muß, von denen man die Filme beziehen

kann. Unser Institut hat bisher seine Filme von der Kulturabteilung der Ufa erworben. Wir haben es vorgezogen, statt sie jedesmal auszuleihen, die für uns brauchbaren Kopien käuflich zu erwerben aus verschiedenen Gründen. Der hauptsächlichste ist der, daß man im fortlaufenden Unterricht sicher sein will, daß der Film tatsächlich zur Verfügung steht, wenn der Zusammenhang seine Vorführung erfordert. Zweitens aber konnten wir die Filme in der Form, wie sie für das große Publikum zurecht gemacht werden, nicht immer ohne weiteres verwenden. Da sind insbesondere in den pathologischen Filmen große Partien, die an sich von Interesse sind, die aber genau wie die Krankendemonstration selbst die Aufmerksamkeit von dem für den Physiologen wesentlichen abgelenkt hätten. Wir wählten also jene Stücke aus dem Film heraus, die speziell für uns verwertbar waren, und ließen dabei der Ersparnis wegen die Titel und schriftlichen Erklärungen weg, die ja im Unterricht durch vorhergehende und unter Anwendung der Stillstandsvorrichtung durch zwischendurch eingeschaltete Erläuterungen ersetzt werden können. Ein vorzüglicher Film über den zerebellar-ataktischen Gang rührt von Herrn Dr. Weiser (Dresden, Pragerstr. 35) her. Andere wissenschaftliche Unterrichtsfilme können von der staatlichen Sammlung ärztlicher Lehrmittel Berlin NW 6, Luisenplatz 2/4, und von der Deutschen Lichtbildgesellschaft, Berlin SW 19, Krausenstr. 38/39, entliehen, von letzterer auch käuflich erworben worden. Weitere Hinweise auf physiologisch wichtige Filme findet man in dem Buch von Dr. Weiser über „Medizinische Kinematographie“ (Steinkopff, Dresden, 1919). Auch sonst sind zerstreut in Kliniken und Instituten Filme aufgenommen worden, die auch für den physiologischen Unterricht von Interesse wären. Leider bleibt es, wenn keine Publikation darüber vorliegt, dem Zufall überlassen, daß man etwas davon erfährt. Das hängt damit zusammen, daß trotz verschiedener Anläufen noch keine einheitliche, durchgreifende Organisation des medizinischen Filmwesens vorhanden ist. Diese ließe sich aber nur durch das Zusammenwirken aller beteiligten Fachkreise erreichen. Es müßte eine Zentralstelle geschaffen werden, die von den einzelnen Instituten, Kliniken und Fachleuten dauernd über den Bestand an Filmen auf dem Laufenden gehalten werden müßte, damit sie imstande wäre, jederzeit auf Anfragen die gewünschte Auskunft geben zu können. Inwieweit sie auch sonst noch den Meinungsaustausch über die Herstellung neuer Filme usf. vermitteln könnte, das müßte die Praxis ergeben. Ein rühriger, mitten in der Bewegung darin stehender Leiter würde hier leicht den richtigen Weg finden. Die Grundlage des Fortschrittes und der Schlüssel zum Erfolg ist eben hier wie sonst nicht die Organisation selbst, sondern die Persönlichkeit, von der sie geschaffen und getragen wird.

(Aus dem Anatomischen Institut Marburg a. L.)

A. Benninghoff:

Zur Kenntnis und Bedeutung der Amitose und amitosenähnlicher Vorgänge.

Einleitung.

In dem lebenden System der Zelle müssen Kern und Cytoplasma in einem innigen Wechselverhältnis stehend gedacht werden. Ihr Zusammenwirken ist notwendig für die dauernde Erhaltung der Lebenserscheinung, was nicht ausschließt, daß jeder von ihnen auch spezielle Aufgaben erfüllen kann. Diese Wechselwirkungen kommen unter anderem zum Ausdruck in dem Zwang für die Zelle, einem gesetzmäßigen Massenverhältnis von Plasmakörper und Zellkern zuzustreben, ähnlich einem chemischen Gleichgewicht. Diese Beziehung, von R. Hertwig als Kernplasmarelation bezeichnet, gründet sich auf Volumenverhältnisse. Fernerhin wurde auch das Oberflächenverhalten berücksichtigt, oder beides kombiniert, wie z. B. durch das Verhältnis Zellvolumen zu Kernoberfläche. Diese letztere Beziehung kann man als Ausdruck intracellulärer Stoffwechselbedingungen auffassen (O. Hartmann).

Zum Vollzug solch intracellulärer Wechselwirkungen wäre ein inniger Kontakt beider Teile vorauszusetzen. Er könnte befördert werden durch Strömungserscheinungen im Plasma, wie sie an Pflanzen zu beobachten sind, bei denen Flüssigkeitsvacuolen Teile des Plasmas vom Kern oft weit abdrängen. Es ist anzunehmen, daß diese Strömungen neben anderen Aufgaben auch die erfüllen, die wichtigsten Zellbestandteile in wechselnder Berührung zu halten.

Ein anderer Weg die Austauschmöglichkeiten zu erhöhen, kann eingeschlagen werden durch Zerschnürung des Kerns in kleinere Gebilde, oder durch Verlassen der Kugelgestalt und Vergrößerung seiner Oberfläche zu sogen. polymorphen Kernen.

Daß in der Zelle auf ähnlichem Wege bei bestimmten Verrichtungen eine innige Verbindung zwischen Kern und Cytoplasma hergestellt wird, ist am klarsten bewiesen bei Wirbellosen. Hier hat Korschelt gezeigt, daß der Kern bei Stoffaufnahme, Abscheidung und organisatorischen Vorgängen seine Oberfläche durch Aussenden von Fortsätzen nach dem Ort der Tätigkeit hin vergrößern kann und zwar bei Ei- und Somazellen. Die Orte der Tätigkeit sind in diesen Fällen im Plasma morphologisch erkennbar durch Ablagerung von Stoffwechsel- und Differenzierungsprodukten. Diese Gestaltsveränderungen beschränken sich entweder auf die

Perioden intensiver Zelltätigkeit, oder sind bleibende, und so können Kernfortsätze wie ein Strauchwerk den Zelleib gleichmäßig durchziehen (Spinndrüsenzellen).

Solche Extreme sind bei den Wirbeltieren und Menschen nicht bekannt. Hier kommt öfter eine Zerlegung des Kerns in zwei Hälften als Modus der Oberflächenvergrößerung vor, und als weitere Steigerung eine Zerschnürung des Kerns in mehrere Lappen und Fortsätze von wechselnder Gestalt bei den sogen. polymorphkernigen Leucocyten, die sich ursprünglich aus vollkernigen Zellen entwickeln. In diesen Fällen sind keine Reizorte im Cytoplasma morphologisch erkennbar, die Vergrößerung der Kernoberfläche erfolgt quasi diffus gegen das Cytoplasma hin. Die spezifischen Granulationen können nicht als Verursachung aufgefaßt werden, da sie bei einigen Leucocyten verschiedener Tiere zu fehlen scheinen (Amphibien). Bei den Leucocyten erreicht diese Polymorphie eine gewisse Gesetzlichkeit der Form, deren Bedeutung unbekannt ist. Diese Umwandlung wird aufgefaßt als eine Oberflächenvergrößerung, die bei der Differenzierung zur „Funktionszelle" eintritt, als das Ende der Entwicklung, von dem aus keine Teilung mehr möglich sein soll. Daß Oberflächenvergrößerung des Kernes an sich mit entsprechender Formänderung nicht das Zeichen eines letzten Differenzierungsschrittes zu sein braucht, zeigen die Eizellen, die gewiß den höchsten Autonomiegrad besitzen.

Da nun die Leucocyten die ausgesprochensten polymorphen Kerne bei Wirbeltieren besitzen, und Blut und Bindegewebe genetisch und funktionell enge Beziehungen aufweisen, ist die Kenntnis der Kernveränderungen an Bindegewebszellen von besonderer Bedeutung. Von diesem Gesichtspunk aus untersuchte ich das Bindegewebe des Feuersalamanders und einiger Säugetiere. Eine genaue Beschreibung der hierbei gewonnenen Befunde wird an anderer Stelle veröffentlicht. *)

Es stellte sich heraus, daß die Fibroblasten und jene Elemente, die man als ruhende und mobile Wanderzellen bezeichnet, ihren Kern in derselben Weise umformen können, wie es von der Bildung gelapptkerniger Leucocyten aus ihren mononucleären Vorstufen bekannt ist. Dabei treten Ring-, Hufeisen- und gelappte Formen auf. Ferner kommt eine Zerlegung des Kerns in zusammenhängende oder getrennte Teile zustande. Seltener durch hantelförmige Einschnürungen (Distraction), öfter durch eine Art Kernspaltung (Dissection). Die überwiegende Masse dieser Umgestaltungen führt zur Bildung polymorpher Kerne oder polynucleärer Zellen, wobei die Teilstücke ungleich groß sind. Selten ist eine Teilung des Kerns in zwei gleichgroße Hälften. Dieser Vorgang unterscheidet sich

*) Arch f. mikr. Anat.

nur durch die Lage der Teilungsebene, durch welche dann eine symmetrische Zerlegung erfolgt. Die symmetrische Kernzerschnürung reiht sich als ein Spezialfall den Prozessen an, die Arnold unter der Bezeichnung direkte Fragmentierung zusammenfaßt. In der umfänglichen Literatur über Amitose wird der Hauptwert meist auf solche gleichwertigen Teilungen gelegt, sie haben ein besonderes Interesse, wenn man eine Zellteilung wahrscheinlich machen will. Es ist allerdings auffallend, mit welcher Genauigkeit ein Kern halbiert werden kann, man wird aber in vielen Abhandlungen über Amitose auch eine unregelmäßige Zerlegung des Kerns oft nebenher erwähnt oder abgebildet finden. Beide Vorgänge treten also nebeneinander auf, ihnen ist gemeinsam eine Vergrößerung der Kernoberfläche gegen das Cytoplasma, gleichwohl ob die vielumstrittene Teilung des Zelleibes erfolgt oder nicht. Auf die Zusammengehörigkeit dieser verschiedenen Formen der Kernzerschnürung hat schon H. E. Ziegler hingewiesen. Ich bezeichne im Folgenden als Amitose in diesem erweiterten Sinn jede Form der Oberflächenvergrößerung des Kerns bei erhaltener „Ruhe“struktur. Dabei bin ich mir bewußt, daß der gebräuchliche Sinn des Worte Amitose nach dem Vorgang anderer Autoren überschritten wird, indem der Schwerpunkt nicht mehr allein in einem Teilungsgeschehen gesucht wird, sondern viel allgemeiner in der Vergrößerung der Berührungsfläche des Kerns gegen das Cytoplasma.

Diese Oberflächenvergrößerung dient nach den eingangs erwähnten Vorstellungen dem intracellularen Stoffwechsel. Jede Kernzerschnürung bedeutet demnach eine innere Umstellung, die den Ausgleich eines gestörten Gleichgewichtszustandes herbeizuführen scheint, und es ist die Aufgabe dieser Studie, die Ursachen dieser Umstellung zu analysieren, um daraus nach Möglichkeit einen einheitlichen Gesichtspunkt für die Beurteilung der Vorgänge zu gewinnen. Es schließt sich hieran die Frage, unter welchen Bedingungen die Amitose zu einem Kernteilungsvorgang werden kann, welcher der Mitose gegenüberzustellen ist.

I. Die Auslösung der Amitose.

Bevor ich die Stellung der Autoren zu diesen Fragen erörtere, möchte ich einige Behauptungen beleuchten, die geeignet erscheinen, das Interesse an diesem Problem wesentlich herabzusetzen. Das letztere geschieht vor allem mit dem Hinweis, die amitotischen Erscheinungen seien nur das Zeichen einer Degeneration. Wenn Degeneration im ursprünglichen Sinne des Wortes Entartung bedeuten soll, dann ist allerdings der Verlust der Vermehrungsfähigkeit, wie er z. B. bei Leucocyten auftritt, schon eine Entartung. Andere spezialisierte Zellen, die nicht mehr teilungsfähig sind, und

während der ganzen Lebensdauer ihres Trägers besondere Leistungen aufweisen, wird niemand als degeneriert bezeichnen. Was speziell die Leucocyten an Grundeigenschaften behalten haben, ist ihr Vermögen, im Organismus im isolierten Zustand zu bestehen und sich zu bewegen; worin sie entartet sind, was sie eingebüßt haben, ist die Vermehrungsfähigkeit; was mit der Differenzierung hervorgetreten ist, ist die Befähigung zu einer spezifischen Funktion. Damit geht Hand in Hand die Ausbildung der polymorphen Kerne. Andererseits ist die polymorphe Kernform kein allgemeines Kriterium für das Verlöschen der Vermehrungsfähigkeit. Es ist sicher erwiesen, daß Mitosen auf Grund von Hufeisen-, Ring- und mehrblasigen Kernen auftreten können (Maximow bei Mesenchymzellen des Kaninchens, Rubaschkin bei Tritonblastomeren, und andere). Auch die mehrkernigen Zellen der oberen Zellschichten der Amphibienepidermis, die durch Kernamitose entstanden sind (Karpoff), kehren im Explantat zur Mitose zurück (Uhlenhuth).

Als degeneriert werden aber auch absterbende Zellen bezeichnet; daß bei ihnen der Kern sich zerschnüren kann, ist sicher, man sollte aber daraus vielmehr den lehrreichen Schluß ziehen, daß die ungünstigen Bedingungen, unter denen solche Zellen stehen, eine Kernamitose auslösen können. Diese letztere läßt sich ebensogut als eine vergebliche Anstrengung auffassen, nach der die Zelle erschöpft zugrunde geht (vgl. Hermann).

Daß mit zunehmender Verschlechterung der Lebensbedingungen vor dem Zelltod Amitosen auftreten können, zeigen Leucocyten, die einige Zeit im überlebenden Blutpräparat beobachtet werden, sie bieten auch andere Anzeichen eines Erregungszustandes (energische Bewegungen). Diese Phänomene werden von Klemensiewicz und Deetjen wohl mit Recht auf die Abnahme des Sauerstoffgehaltes und die Anhäufung von Stoffwechselprodukten zurückgeführt.

Dieselben Ursachen möchte ich geltend machen für die Zunahme der Kernzerschnürungen bei Organen, die erst einige Zeit nach dem Tode des Tieres fixiert wurden (Reinke). Es handelt sich dabei nicht um postmortale Veränderungen der Zellen selbst, von ihnen weiß man, daß sie zum Teil noch lange Zeit nach dem Tode ihres Trägers lebensfähig bleiben, sondern um postmortale Veränderungen in Bezug auf das Individuum (Aufhören der Zirkulation mit allen einhergehenden Schädigungen).

Eine Verschlechterung der Lebensbedingungen bedeutet schließlich auch die bekannte Versuchsanordnung, unter der Arnold am lebenden Objekt Kernamitose und Zellteilung bei Wanderzellen des Frosches beobachtet hat. Das ist zugleich der einzige Fall, bei dem eine begleitende Zellteilung sicher beobachtet werden konnte. Bei

den Untersuchungen am fixierten Objekt wird ja eine Teilung des Zelleibs nur durch eine Aneinanderreihung von Uebergangsstadien erschlossen, wobei allerdings sehr überzeugende Bilder gewonnen wurden. Damit soll der Wert der Arnold'schen Ergebnisse keineswegs herabgemindert werden. Ich möchte vielmehr versuchen das Material, welches durch die Bezeichnung degenerativ oder pathologisch ad acta gelegt werden könnte, für die Frage nach der Auslösung der Amitose nutzbar zu machen. Eine besondere Gruppe als Degenerationsamitosen abzugrenzen, wie es von einigen Autoren angestrebt wird, halte ich in diesem Zusammenhang für unangebracht, da einerseits das Wort Degeneration erfahrungsgemäß sehr vieldeutig angewandt wird, und andererseits in dieser Bezeichnung höchstens ein Hinweis auf das Schicksal der Zellen steckt, ohne daß über die Ursachen der Veränderung, die uns vor allem interessieren, etwas ausgesagt wird. Fassen wir die Amitose als ein Symptom, so können dieselben Bedingungen, welche bei fortdauernder Einwirkung unter diesem Symptom den Tod der Zelle herbeiführen, nach ihrem rechtzeitigen Fortfall eine Erholung der Zelle gestatten. Das zeigen vor allem Experimente. So fand M. Krahelska, daß die Drüsenkerne von Schnecken, welche infolge Hungerns durch Amitose in einzelne Bläschen zerteilt waren, bei rechtzeitiger Auffütterung der Tiere wieder verschmelzen, andernfalls aber zugrunde gehen.

Von einem andern Gesichtspunkt aus hat man neuerdings versucht, die Amitose als einen Teilungsvorgang illusorisch zu machen. F. Levy fand in vielen Organen verschiedener Tiere zwei- und mehrkernige Zellen, (es sind bisher in fast allen Geweben Amitosen beschrieben), daneben solche mit nierenförmigen oder polymorphen Kernen. „Bilder, die frühere Autoren irrtümlicherweise für amitotische Teilungen ansahen. In Wirklichkeit handelte es sich aber um Verschmelzungen von Kernen, die infolge unterbliebener Cytoplasmateilungen in einer Zelle liegen geblieben waren. Den Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauungen konnte ich erbringen durch den Nachweis der entsprechenden Zentrosomenvermehrung, vor allem aber durch die direkte Beobachtung der Kernverschmelzung in lebenden Zellen aus dem Froschhoden unter Anwendung des Deckglaskulturverfahrens". (Berlin. klin. Wochenschr. Nr. 34 1921). Ich glaube, daß man weitere Beobachtungen wird abwarten müssen, ehe man auf Grund eines Befundes in der Plasmakultur zu solchen Verallgemeinerungen übergeht, welche die zahlreichen Resultate namhafter Forscher einfach umkehren. Was den Beweis der Zentrosomenvermehrung angeht, so ist er für viele Zellen seit längerem erbracht, ohne daß die Polyvalenz der entsprechenden Kerne feststeht. Nach Heidenhain können z. B. die Lymphocyten drei bis vier Zentralkörperchen besitzen, sie sind

deshalb nicht polyvalent, und „Das Mikrozentrum folgt bis zu einem gewissen Grade einem eigenen von den übrigen Erscheinungen des Zellebens unabhängigen Bildungsgesetz“ (Heidenhain 1894). Ferner sind bei Kernamitose sofern bisher darauf geachtet wurde, nur zwei Zentrosomen festgestellt, allerdings mit Ausnahme der Riesenzellen.

Wenn ich im Folgenden die von verschiedenen Autoren vertretenen Ansichten über die Bedeutung der Amitose kurz anführe, so ist damit kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, es werden nur die Theorien erwähnt, welche einen Hinweis auf die Verursachung der direkten Kernteilung enthalten. Eine reichhaltigere tabellarische Uebersicht zu dieser Frage ist vor kurzem durch Bast gegeben worden.

Eine solche Erörterung pflegt mit dem klassisch gewordenen Zitat von Flemming zu beginnen, das fast jeder Einleitung in der Amitoseliteratur vorangeschickt wird. Flemming sagt: „Fragmentirung des Kerns, mit oder ohne nachfolgende Theilung der Zelle, ist überhaupt in den Geweben der Wirbelthiere ein Vorgang, der nicht zur physiologischen Vermehrung und Neubelieferung von Zellen führt, sondern wo er vorkommt, entweder eine Entartung oder Abberration darstellt, oder vielleicht in manchen Fällen (Bildung mehrkerniger Zellen durch Fragmentirung) durch Vergrößereung der Kernperipherie dem zellulären Stoffwechsel zu dienen hat“. Der erste Teil dieser Erklärung wird meist hervorgehoben. Er hat eine Einschränkung erfahren und kann wohl zum Teil als widerlegt gelten, umso weniger ist die Schlußbemerkung beachtet, sie gibt eine inzwischen besser begründete Anschauung wieder, die schon Chun 1890 vertreten hat, indem er die „Kernbrut“ als einen extremen Fall von Oberflächenvergrößerung bezeichnet und betont, daß sie in Zellen mit lebhafter Assimilation zu beobachten sei.

Aehnlich ist die bekannte Aeußerung von H. E. Ziegler 1891, daß die amitotische Kernteilung bei solchen Kernen vorkomme, „welche einem ungewöhnlich intensivem Sekretions- oder Assimilationsprozeß vorstehen“. Die Kerne sollen in ihrem Bau und physikalischen Natur gewisse Aenderungen erlitten haben, sodaß Zell- und Kernteilung nicht mehr in der typischen Weise ablaufen könne.

Nach Child 1907 findet sich Amitose in Geweben mit beschleunigtem Wachstum ebenso wie bei spezialisierten Zellen mit intensiver Tätigkeit. Sie hat ihren Grund in dem Mangel an Nahrung oder einzelnen Nährstoffen bei großem Bedarf, sodaß hierin kein Gleichgewichtszustand erreicht wird. Demgegenüber muß bei Mitose der Kern unter den Bedingungen eines annähernden Gleichgewichtes zwischen „intake of material“ und „functional transfor-

mation" stehen. In diesem Sinne ist die Mitose von cyclischen, die Amitose von acyclischen „orthodromic" Prozessen begleitet. Es wird offen gelassen, daß nicht auch andere Bedingungen Amitose hervorrufen könnten.

Paterson 08 konnte an Taubenkeimscheiben durch Auszählung und Vergleichung der Kernteilungen es wahrscheinlich machen, daß Amitose in Gebieten mit intensivem Wachstum auftreten. Ebenso fand Maximow 08 Amitosen, die zur Mitose zurückkehren, im Mesenchym von Kaninchenembryonen einer bestimmten Altersstufe. Er hält es ebenfalls für wahrscheinlich, daß hierbei ein lebhaftes Wachstum eine Rolle spiele.

Nowikoff '08, '10 beschreibt Amitosen im Knorpel, Knochen und Sehnen, und erklärt ihr Zustandekommen durch mechanische Pressung.

Daß Kernzerschnürungen mit einer Depression der Zelle im Zusammenhange stünden, ist von R. Hertwig und seinen Schülern wiederholt betont worden. E. Reichenow behauptet, daß die Mehrzahl aller zur Beobachtung kommenden Fälle von Amitose in dieser Weise zu erklären seien.

Das Symptom der Depression kann herbeigeführt werden durch andauernde Funktion, oder durch chemische Aenderung des Kulturwassers, wobei nach Popoff die Abscheidung der Stoffwechselprodukte gehindert wird. Hier sehen wir zum ersten Mal eine Steigerung und eine Behinderung des Stoffwechsels dasselbe hervorbringen.

In neuerer Zeit haben sich zu unserer Frage geäußert: Nakahara 1918, der angibt, daß die Amitose „seems to indicate an intense activity in the vegetative functions of the cell" ferner Jordan und Bast, welche eine Störung des Stoffwechselgleichgewichtes und eine ungenügend große Kernoberfläche „for the proper metabolic functioning of the cell" (Bast 1921) als Ursache der Amitose ansehen.

Die im vorstehenden wiedergegebenen Theorien, welche aus einer großen Zahl von Einzelbeobachtungen erschlossen sind, lassen sich im wesentlichen auf die eine Formel bringen, daß irgend welche Störungen im Stoffwechselgleichgewicht als Ursache der Amitose in Frage kommen.

Mit dieser Beziehung auf den Stoffwechsel stoßen wir gleich auf ein Urphänomen des Lebens, bei dem jede weitere Kausalanalyse abgeschnitten scheint. Indessen lehrt die Zellphysiologie, daß trotz der engen Verkettung der Partialglieder des Gesamtstoffwechsels an diesem zwei Reihen unterschieden werden können, die bis zu einem gewissen Grade, wenn auch nicht vollständig, von einander unabhängig sind. Nach Verworn sind es der funktionelle oder Betriebsstoffwechsel, der von funktionellen Reizen erregt wird

und z. B. bei den Muskelzellen nur mit dem Zerfall stickstoffreier Gruppen einhergeht; auf der andern Seite der cytoplastische oder Baustoffwechsel, der sich tiefergehend auch auf die übrigen vor allem stickstoffhaltigen Teile erstreckt und an einer dauernden Ausscheidung solcher Stoffwechselprodukte zu erkennen ist. Obwohl beide Vorgänge von einander nicht völlig zu trennen sind, so kann doch erfahrungsgemäß der eine den andern überwiegen. Daran wollen wir anknüpfen.

Der cytoplastische Stoffwechsel besorgt den Anbau lebendiger Substanz und damit das Wachstum. Ein überwiegender Betriebsstoffwechsel liegt allen jenen Vorgängen zugrunde, die von den Autoren als lebhafte Funktion, intensive Sekretion, gesteigerte Tätigkeit, vegetative Funktion etc. bezeichnet werden. Die Mehrzahl der Autoren sind sich also in dem Punkt einig, daß ein ungewöhnlich intensiver Betriebsstoffwechsel Amitosen hervorrufen kann und damit in die Beziehungen zwischen Kern und Cytoplasma eingreift. Die Oberflächenbeziehung zwischen Kern und angrenzendem Cytoplasma drückt ein funktionelles Verhältnis aus, es wurde schon eingangs als Ausdruck intracellulärer Stoffwechselbedingungen bezeichnet. Eine Aenderung dieser Beziehungen durch eine Kernamitose, welche den Kern, wie zu beachten ist, in funktionsfähigem Zustand erhält, kann somit durch eine ungewöhnliche Leistung erfolgen. Dabei ist der Nachdruck auf ungewöhnlich zu legen, es kommt augenscheinlich auf einen Vorgang an, bei dem das Gleichgewicht im Zellstoffwechsel bedroht wird.

Obwohl wir uns dem Standpunkt angeschlossen haben, daß Kern und Cytoplasma beim Ablauf der meisten Lebenserscheinungen zusammenwirken, so ist doch im Auge zu behalten, daß das Plasma der erregbarere Teil ist, der schützend den Kern umgibt, alle Beanspruchungen müssen zunächst das Plasma treffen und können nur durch seine Vermittlung auf den Kern wirken. Der Reizstoffwechsel, welcher bei einer spezifischen Funktion erregt wird, wird sich zunächst am Plasma abspielen und soweit spezifische Substrate der Funktion vorhanden sind, an diesen Differenzierungsprodukten. (Wenn letztere räumlich getrennt vom Cytoplasma liegen, wird auch die Verkettung im Betriebsstoffwechsel zwischen beiden eine losere sein). Wir nehmen nun an, daß ein gesteigerter funktioneller Stoffwechsel das Plasma mit seinen Produkten derart belasten kann, daß die normalen Beziehungen zum Kern, die in einem Gleichgewichtszustand sich befanden, gestört werden. Der Kern reagiert auf diesen Zustand mit einer Vergrößerung seiner Oberfläche und erreicht damit eine breitere Berührung mit dem Plasma, das ihm zum Teil entzogen ist, indem es von anderen intensiven Vorgängen beansprucht wird. Es bleibt dabei dasselbe, ob die Masse des Plasma relativ klein ist und ein geringer Betrieb herrscht, wie

u. a. bei der Verschiebung der Kernplasmarelation zu Gunsten des Kerns, die an sich schon als Störung des normalen Betriebes gilt und mit Kernzerschnürung verbunden ist, oder ob ein größeres Plasma (Kernplasmanorm) vom Betrieb überlastet wird. Man könnte sagen, das Plasma ist beschlagnahmt. Die Kräfte des Systems Plasma sind anderweitig gebunden und nicht frei für die Betätigung der intersystematischen Beziehungen zum System Kern. Solange andererseits die Lebensvorgänge der Zelle sich typisch erhalten im Gleichgewicht ihrer Teilprozesse, solange erhält sich als Folge auch die typische Kernform. Mit diesen Ausdrücken ist über die Art der Wechselbeziehungen nichts ausgesagt, es bleibt dahingestellt, ob der Kern als Organ für den oxydativen Aufbau von Stoffen sich betätigt (Loeb) oder in anderer Weise wirksam ist. Immerhin bleibt es unwahrscheinlich, daß der Kern von den funktionellen Reizen direkt erregt wird, seine Beteiligung am Betriebsstoffwechsel scheint mehr sekundär zu sein.

Ein ungewöhnlich lebhafter Betriebsstoffwechsel ist aber nur einer der möglichen Faktoren, welche das Plasma beschlagnahmen können, um als Ursache der Kernamitose in Frage zu kommen. Eine solche Belastung des Plasmas, welche die Stoffwechselbeziehung zum Kern erschwert oder stört, kann ferner experimentell hervorgerufen werden. Unter diesem Gesichtspunkt lassen sich die Resultate jener Versuche verstehen, bei welchen durch Einwirkung von Narkoticis wie Aether, Chloroform, Chloralhydrat, Amitosen oder amitosenähnliche Vorgänge erzeugt wurden. Denselben Erfolg haben auch Gifte. Sei es, daß sie von außen herangebracht werden oder in Form von Excreten auftreten, deren Ausscheidung verhindert wird. Dieser letzte Fall von Autointoxication wird beobachtet bei Kolonien von Protozoen, deren Kulturwasser nicht gewechselt wird oder mit Stoffen versetzt ist, welche die Ausscheidungen verhindern. Eine Autointoxication verschiedener Stärke liegt ferner bei jenen Beobachtungen vor, die bei der Besprechung der Degeneration aufgeführt wurden. Hierbei wurde schon von einigen Autoren auf den Mangel an Sauerstoff und die Anhäufung von Stoffwechselprodukten als Ursache der Kernamitose verwiesen. Man könnte demnach noch einen Schritt weitergehen und für diese letzten Fälle aus der komplexen Ursache der Ueberlastung des Plasmas die Anhäufung von Stoffwechselprodukten als speziellere Reizglieder im Bezug auf die Kernamitose heraussondern. Diese Produkte können zu Reizen werden, wenn sie im Uebermaß gebildet werden, wie bei einem ungewöhnlich intensiven Betriebsstoffwechsel, oder wenn ihre Ausscheidung bei geringer Arbeit der Zelle verhindert ist. Auch die Anwesenheit von Parasiten und Bakterientoxinen, schließlich hypertonische Lösungen und Kälte können Amitosen, wenn zum Teil auch

nicht reinen Typs, auslösen. Diese Faktoren werden, soweit sie amitosenähnliche Vorgänge hervorrufen, an anderer Stelle nochmals Beachtung finden. Hier sei auf die weitgehende Verschiedenartigkeit der Teilursachen verwiesen, welche die Zusammenstellung ergibt. Es liegt auf der Hand, daß die Besonderheit des Vorgangs erst dann verständlich wird, wenn man die einzelnen faßbaren Causalmomente in ihrer Wirkung unter ein Prinzip subsummiert, und das ist versucht worden durch die Begriffe Ueberlastung oder Beschlagnahme des Plasmas.

Bei einer weiteren Gruppe von Erscheinungen ist ein lebhaftes Stoffwechselgetriebe mit einer Massenzunahme der Zelle verbunden, ohne daß es hierbei zu einer Mitose kommt. Es sind demnach die Mitosebedingungen, welche man mit dem Begriff Teilungswachstum zusammenfassen kann, nicht erfüllt. Eher ließe sich diese Zunahme als Funktionswachstum bezeichnen, ein Begriff, der in der Biologie der Protozoen gebildet ist. Hierbei gilt auch ein Ueberangebot von Nahrung und deren Bewältigung als funktionelle Inanspruchnahme. Diese Vorgänge tragen, wie wir noch sehen werden, zum Teil den Charakter einer Wucherung, und auch dort, wo in der embryonalen Entwicklung Amitosen auf Wachstumsprocesse bezogen werden können (Child, Patterson), wird ausdrücklich von einem ungewöhnlichen, rapiden Wachstum gesprochen. Ich führe im Folgenden eine Reihe solcher Befunde an.

Straßburger berichtet über Beobachtungen von Magnus und Shibata, nach denen bei der sogen. endotrophischen Mycorrhiza, wo die Pilzmyzelien im Innern von Wurzelzellen leben, die Kerne der letzteren sich wiederholt direkt teilen und amöboide Gestalt annehmen. Diese Kernamitose ist auf die überreichliche Nahrung zurückzuführen, nach beendigter Pilzverdauung werden die Kerne auch wieder rundlich. „Die amitotische Teilung darf dabei nicht als rückschrittliche Erscheinung gedeutet werden, sie stellt vielmehr ein schneller zum Ziel führendes Mittel dar, die Zahl der Kerne zu vermehren“ (Straßburger). Es ist allerdings zu beachten, daß die Pilzmycelien nicht nur ein Nährmittel darstellen, sondern auch Stoffe abgeben könnten, die als Reiz wirken.

An diese Beobachtungen möchte ich die Erörterung der Vorgänge anschließen, die man unter der Bezeichnung Wucheratrophie zusammenfassen kann. Hierbei wird das eigene Plasmaprodukt der Zellen abgebaut und aufgezehrt, die Kerne wuchern amitotisch. Es herrscht ein Ueberangebot von Nahrungsstoffen, die Zellen werden durch Ueberfütterung mit ungewöhnlichem Material gereizt. Das bedeutet eine tiefgehende Umstimmung des Gesamtstoffwechsels und eine starke Belastung der Zelle. Der Stoffwechsel schlägt eine neue Richtung ein, indem er nicht mehr die Erhaltung

der labilen spezifischen Strukturen in der Funktion bewirkt, sondern das Material funktionslos gewordener Produkte umbaut.

Am besten bekannt ist die Wucheratrophie der quer gestreiften Muskelfasern. Sie tritt normalerweise in der Embryogenese beim Umbau der Muskeln auf, vor allem bei Tieren, die eine Metamorphose durchmachen, die reichlich gewucherten Kerne nehmen eine Reihenstellung ein (Kernsäulen). Ein instruktives Beispiel beschreibt Pèrez. Bei der Histogenese der Muskulatur während der Metamorphose einer Fliege (Calliphora) dringen die Myoblasten in die larvale Faser ein und verwerten ihr Material zum Aufbau der neuen. Während diese Myoblasten außerhalb der Faser sich mitotisch teilen, zeigen sie nach ihrem Eindringen in dieselbe Kernamitosen bei der Verarbeitung des alten Muskelmaterials. Hier ist die Verursachung der Amitose durch den unvermittelten Uebertritt der Myoblasten in die Faser deutlich. Der Stoffwechsel wird durch die andersartigen Bedingungen der neuen Umgebung umgestimmt, und seine intensive Betätigung greift in die Beziehungen zwischen Kern und Plasma ein.

In ähnlicher Weise werden Kernwucherungen beobachtet bei der Atrophie der Nervenfasern (Schwannsche Kerne) und der Geschmacksknospen. Während eine Wucheratrophie der Fettzellen seit den Arbeiten von Flemming wieder bestritten wurde (Maximow), ist sie neuerdings von Marchand anerkannt.

O. Hertwig zieht hieraus den allgemeinen Schluß, „daß durch den Zerfallsprozeß der Protoplasmaprodukte und durch den veränderten Stoffwechsel (die Kerne) noch zu Wachstum und zu wiederholter Teilung angeregt werden". Es ist kein Grund einzusehen, warum beim Abbau der spezifischen Struktur des Bindegewebes die zugehörigen Zellen nicht ein gleiches Verhalten zeigen sollten. Dieser Punkt ist meines Erachtens zu wenig berücksichtigt. Die Frage ist dadurch schwierig, daß der Abbau der Bindegewebsfasern meist nur unter entzündlichen Vorgängen beobachtet wird, und hierbei die Auswanderung von Leucocyten das Bild komplizieren. Dazu kommt, daß wie ich zeigen konnte, die rundkernigen Zellen des Bindegewebes schon normalerweise einer Umwandlung fähig sind, durch die sie zum Teil zu leucocytoiden Formen werden, oder sich diesem Verhalten besonders im Kernbild stark nähern können. Bei der Diskussion der Grawitz'schen Schlummerzellenlehre sind soweit ich sehe, die biologischen Erfahrungen, welche schon O. Hertwig in dem oben angeführten Satz niedergelegt hat, nicht genügend gewürdigt. Wie ich feststellen konnte, sind einige von Grawitz besonders bezeichneten Kernformen schon normalerweise im Bindegewebe zu treffen. Im größeren Maßstab findet sich beim Abbau der Bindegewebsfasern in der Plasmakultur eine Kernwucherung, die von den vorhandenen

Bindegewebskernen ihren Ausgang nimmt, wie das neuerdings R. Erdmann in der Plasmakultur der Herzklappen nachgewiesen hat. Dieses Verhalten überrascht keineswegs, da biologisch analoge Fälle reichlich bekannt sind. Und daß unter solchen Bedingungen eine rapide Vermehrung vor sich geht, lehrt schon die Bezeichnung Kernsäulen und Kernbrut. Es ist bis jetzt daran festzuhalten, daß beim Zerfall spezifischer Plasmaprodukte die Kerne nicht aus dem Material dieser Strukturen ausgeschmolzen werden, sondern daß dieses Material durch die zugeordneten Zellen oder Syncytien umgebaut wird, und damit die Bedingungen für das Auftreten amitotischer Kernwucherung herstellt. Wie in anderen Fällen, so kann auch hier die Kernamitose verschiedene Formen zeigen, unvollständige Zerschnürungen und ungleich große Zerlegungen erzeugen einen Polymorphismus, der nur verschiedene Erscheinungsformen desselben Prozesses der Amitose darstellt. Im übrigen interessiert die Schlummerzellenfrage hier nur insofern, als es festzustehen scheint, daß auch das Bindegewebe keine Ausnahme von der allgemeinen Regel macht, daß auch bei ihm durch den Zerfall der spezifischen Strukturen die Kerne der zugeordneten Zellen zu amitotischer Vermehrung angeregt oder „erweckt" werden.

Ob die Zelle und das einschmelzende Plasmaprodukt, oder allgemeiner der Reizkörper histogenetisch zusammengehörten, oder von vornherein einander fremd sind, scheint bei diesem Vorgang unwesentlich zu sein. Auch die Riesenzellen verschiedener Kategorien, sofern sie als vielkernige Gebilde sich durch amitotische Kernwucherung aus einkernigen Zellen herleiten, zeigen das gleiche Verhalten. Die Herkunft der Osteoklasten und Chondroklasten ist nicht sicher erwiesen, die Annahme, daß sie aus den Zellen der entsprechenden Gewebe hervorgegangen seien, ist zum mindesten noch nicht widerlegt. Jedenfalls bewältigen sie den Abbau eines spezifischen Substrates, sie sind den vielkernigen Gebilden, die bei der Auflösung der Muskel-, Nerven- und Bindegewebsfasern auftreten, wesensgleich. Ihrem biologischen Verhalten nach könnte man die letzteren ebenso gut als Sarkoklasten, Neuroklasten, und wahrscheinlich auch als Fibroklasten bezeichnen.

Durchaus heterogen im Verhältnis zur Zelle kann der Reizkörper bei den sogen. Fremdkörperriesenzellen werden, die scheinbar schon durch taktile Reizung von Seiten des Fremdkörpers entstehen und zum größten Teil aus einkernigen Zellen durch fortgesetzte Kernamitose sich bilden. Die Fremdkörper sind unter Umständen unverdaulich, die Zelle kann in solchen Fällen ihr Wachstum nicht aus dem Material bestreiten, das zu beseitigen sie bestrebt ist. Daraus erhellt deutlich, daß nicht die Masse des Reizkörpers entscheidend ist, sondern der von ihm ausgelöste Prozeß im Zelleben. Die Verschiedenartigkeit der Reizkörper zeigt ferner, daß auch die

Qualität des letzteren nicht maßgebend sein kann, er muß nur der Zelle gegenüber die Eigenschaft eines fremden, ungewöhnlichen Stoffes besitzen. Bei den sogen. Langhans'schen Riesenzellen sind es scheinbar die toxisch wirkenden Tuberkelbazillen, die fast immer in diesen Zellen sich finden, es treten hier auch Zeichen tiefergehender Schädigung des Plasmas auf in Form von zentralen Verfettungen und Verkalkungen. Es wurde schon an anderer Stelle erwähnt, daß toxisch wirkende Substanzen Amitosen verursachen oder, wie noch zu besprechen sein wird, Mitosen stören und zusammendrängen können. In diesem Fall aber handelt es sich um eine Dauerwirkung kleiner Reize, die eine fortgesetzte direkte Kernteilung, verbunden mit Wachstum, zur Folge hat.

Am genauesten untersucht sind die Knochenmarkriesenzellen. Sie bilden pluripolare Mitosen aus, zeigen aber auch Amitosen, die von F. Levy als Kernverschmelzungen gedeutet werden, und besitzen jedenfalls reich gelappte Kerne. Gerade ihre Bedeutung ist bis jetzt unklar geblieben. Aus diesen Gründen können sie unserer Analyse nicht dienen.

Riesenzellen und Syncytien, deren Kerne amitotisch sich vermehren, finden sich ferner in der Plazenta. Ueber die Bedingungen ihres Entstehens sagt L. Loeb, daß der Kontakt mit dem Gewebe des Wirtes die Umbildung einer embryonalen Zelle in Teile der Plazenta bewirke. Dabei soll die Berührung mit den Gefäßen oder dem zirkulierenden Blut zur Bildung von Syncytien, das Einrücken embryonaler Zellen in das Stroma des Wirtsgewebes zur Bildung von Riesenzellen führen. Das gemeinsame Prinzip beider ist die mit Wachstum verbundene Kernvermehrung ohne Plasmateilung, ihre verschiedene Form ist meines Erachtens auf die gegebenen Raumverhältnisse zurückzuführen. Die flächenhafte Ausbreitung im Syncytium entsteht als Abgrenzung gegen eine Flüssigkeit (mütterliches Blut). Die Riesenzelle als Anpassung an die Gewebsspalten des Stromas. Es ist bemerkenswert, daß das Plazentasyncytium an der Kontaktfläche zwischen Embryo und mütterlichem Blut sich bildet, unmittelbar unter ihm liegen im fötalen Gebiet die Zellen der Langhans'schen Schicht, die mitotisch sich teilen. Wenn wir uns auf die obigen Betrachtungen über die Wirkung von Fremdkörpern auf Wachstum und Vermehrung beziehen, so ist die Betonung auf den Umstand zu legen, daß Mutter und Fötus sich wie fremdstoffliche Organismen verhalten, sie grenzen sich von einander durch eine flächenhaft ausgebreitete „Fremdkörperriesenzelle" ab. Daneben ist diese syncytiale Grenzschicht zugleich der Ort lebhafter Stoffwechselvorgänge, da durch sie die Aufnahme und Verarbeitung der Nährstoffe für den Embryo erfolgt. Somit wird ihre Entstehung und Erhaltung aus zweierlei Ursachen verständlich.

Die Riesenzellenbildung beruht zumeist auf einer fortgesetzten Kernamitose, sie ist eine mit Wachstum verbundene Steigerung der einfachen Amitose ohne Zellteilung. Die allmähliche Herausbildung mehrkerniger Riesenzellen ist besonders an Epithelien schön zu sehen. So am Harnblasenepithel, am Pericardialepithel, in der oberen Epidermis der Amphibien, in der Descemeti'schen Membran des Pferdes. Auch experimentell sind solche Riesenzellen in der Epidermis von Säugetieren erzeugt worden durch wiederholte kurz dauernde Abkühlungen, wodurch ein ungewöhnliches Wachstum angeregt wird und die Dicke des Epithel auf das achtfache des normalen ansteigen kann (E. Fürst).

Diese mit Amitose einhergehenden Wachstumserscheinungen, welche zu Riesenzellbildungen führen, stellen keine Neubelieferung des betreffenden Gewebes mit Zellen in gewöhnlichem Sinne dar. Das Material, das sie bewältigen, wird von ihnen im Interesse des Gewebes beseitigt oder umgebaut. Das Material selbst oder der Wachstumsreiz, der von ihm ausgeht, erzeugt keine neuen Zellen, die den alten qualitätsgleich sind, und sich dem Gewebe als dauerhafte Bausteine einfügen, vielmehr entstehen aus meist vorübergehenden Bedingungen abweichende Gebilde, die besondere Leistungen vollführen. Wenn sie den Wert als Bausteine spezifischer Ordnung einbüßen, so erfolgt das durch eine besondere Anstregung und zu Gunsten dieser Leistung. Dieses Funktionswachstum, das die Substanz der Zelle ohne Herausbildung spezifischer Plasmaprodukte vermehrt, scheint zugleich die Ausbreitung des mitotischen Apparates zu hemmen. Aus ähnlichen Gründen hat man wohl den Vorgang auch als Wucherung bezeichnet.

Wir haben im Vorstehenden eine große Reihe von Beobachtungen über Amitose aufgeführt und besprochen, und dabei versucht, über die Bedingungen ihres Entstehens von Fall zu Fall etwas zu erfahren. Ueberblicken wir nochmals die Faktoren, die Amitose auslösen können, so ergibt sich eine solche Mannigfaltigkeit, daß es schwer fällt, sie unter einen Gesichtspunkt zu bringen. Die Reize können von außen angreifen und körperlicher Art sein (Reizkörper im weitesten Sinn des Wortes), oder in der Zelle gebildet werden (Autotoxine), sie können durch physikalische Bedingungen (Kälte) repräsentiert sein, oder nur als eine Steigerung des Betriebstoffwechsels und auch des cytoplastischen Stoffwechsels erkennbar werden. Die Teilursachen, die wir quasi an der Peripherie der Zelle bleibend als von außen einwirkend zu bestimmen versuchen, stellen ungewöhnliche Reize dar und besitzen keine spezifische Qualität. Wohl aber ist die morphologisch erkennbare Reaktion als Oberflächenvergrößerung des Kerns spezifisch. Was an komplexem Geschehen zwischen beiden liegt, läßt sich nur vermuten.

Alle bisher erkannten Faktoren zusammen lassen sich vorläufig in ihrem Wirken unter den Begriff der Ueberlastung des Cytoplasmas vereinigen, ein Begriff, der nur den Wert eines heuristischen Hilfsmittels hat, und hypothetisch die Einheit der an sich verborgenen Kausalzusammenhänge erfassen soll.. Ueber solch allgemeine Formulierungen werden wir nicht hinauskommen, solange wir nicht genügende Kenntnis vom Zellstoffwechsel besitzen.

Danach gewinnt die Amitose die Bedeutung einer spezifischen Reaktionsweise der Zelle, verursacht durch unspezifische Reize. Die hierbei entstehende Oberflächenvergrößerung des Kerns dient dem Ausgleich des Zellstoffwechsels, daneben ist der Vorgang der Kernteilung etwas sekundäres und erst recht der der Zellteilung.

III. Mitose und Amitose.

Der Begriff einer Ueberlastung oder Beschlagnahmung des Plasmas bewährt sich auch bei der Erörterung der Beziehungen zwischen Mitose und Amitose. Aus dieser Betrachtung will ich gleich die Tatsache vorwegnehmen, daß dieselben Faktoren, welche Amitose auslösen, zugleich, soweit bisher geprüft, Mitosen stören. Beginnen wir wieder mit dem Betriebstoffwechsel, so äußert schon O. Hertwig, daß eine energische Funktion die Zelle teilungsunfähig mache. Das Nährmaterial werde einseitig „nur für die Zwecke derjenigen Funktion verwandt, auf welcher die Eigenart der Zelle beruht, während das Wachstum des Idioplasmas dabei zurückgedrängt wird". Wir sahen, daß ein lebhafter Betriebsstoffwechsel Amitose zur Folge haben kann und erfahren hier, daß er zugleich die Mitose unterdrückt.

Auch die Teilungsunfähigkeit des Eies setzt mit dem Beginn der Wachtumsperiode ein, in der es Nahrungsmaterial für die Zukunft aufspeichert. Bei dieser Funktion kann der Kern seine Oberfläche vergrößern durch Aussenden von Fortsätzen nach dem Orte der Nahrungsaufnahme (Korschelt). Es werden also Hemmung der Mitose und Auftreten von Oberflächenvergrößerung des Kerns, das wir in dem erweiterten Begriff der Amitose mit einbezogen haben, durch die gleiche Funktion der Nahrungsspeicherung bewirkt. Child spricht davon, daß das Ei bei dem lebhaften Metabolismus der Nahrungsbereitung sich verbrauche, vorzeitig senil werde. Wenn wir absehen von den Folgeerscheinungen, die sich an die Beendigung dieses Prozesses anschließen und als Sonderfall der Entwicklung angesehen werden können, so zeigt sich eine gewisse Verwandtschaft mit der Auffassung Childs und unserem Begriff der Beschlagnahme. Wenn ferner die Eizelle durch diese Wachstumsprozesse belastet ist, so bedarf es nur noch des Hinzutrittes einer geringen Einwirkung, um das innere Gleichgewicht zu ändern („sensible Periode").

Auch das im Gefolge einer lebhaften Funktion auftretende Wachstum der Zelle kann, wie wir sahen, Mitose unterdrücken. Hierzu äußert sich von Prowacek: „Durch das übrige Assimilationsgetriebe der Zelle kann aber das Teilungswachstum dieser Produzenten der Teilungsapparate *) nicht effektiv werden und wird solange niedergehalten, bis das Funktionswachstum der anderen „Funktionsträger“ nachläßt.“

In diesen Formulierungen der genannten Autoren ist die Anschauung, daß der Funktionsstoffwechsel die Mitose „zurückdrängt“ oder „niederhält“, direkt enthalten, oder läßt sich aus ihnen ableiten. Wir fügen noch hinzu, daß dabei zugleich die Amitose nicht nur möglich ist, sondern sogar direkt ausgelöst werden kann, wenn die Einwirkungen genügend intensiv sind.

Umgekehrt unterbricht die Mitose den Betrieb der Zelle, das ist von vornherein wahrscheinlich, da das Plasma von der Strahlung eingenommen wird, dabei unter Umständen Strukturen verschwinden, der Kern sich umbaut und öffnet, und damit eine Beschaffenheit annimmt, welche ihn als wenig geeignet zur Teilnahme an den gewöhnlichen Funktionen erscheinen läßt. Beachten wir ferner, daß die Mitose mehr als eine bloße Teilung bedeutet und mit tiefgreifenden Wandlungen im Zelleben verbunden ist, so zwingt uns das zu der Annahme, daß der Vorgang der Mitose durch den Ablauf des gewöhnlichen Betriebs gehemmt wird. Diese Annahme ist bewiesen durch Meves, der feststellte, daß in der Salamanderniere vom Muttersternstadium bis zum Dispirem die Vermehrung und Verarbeitung der Sekretprodukte aufhört.

Um eine solche Unterbrechung ihres Betriebs einzuschränken, könnten theoretisch die Zellen schneller verlaufende, abgekürzte Mitosen ausbilden. In diesem Sinne sind die Resultate der Experimente mit Narcoticis, Kälte usw. interessant, und damit komme ich zur weiteren Erläuterung der Gruppe von Faktoren, die oben als künstliche Auslösung von Amitosen oder amitosenähnlichen Vorgängen erwähnt wurden.

Es hat sich herausgestellt, daß die Amitosen, welche Gerassimoff und Nathanson durch Einwirkung von Aether auf Spirogyra erzeugten, nur Pseudoamitosen, „Protokaryokinesen“ (Straßburger) sind (vgl. Wisselingh). Sie kommen auch normalerweise im Endosperm verschiedener Pflanzen vor (Buscaloni, Tischler) und treten ferner in Wundgewebe auf (Massart, Schürhof).

Bei Tieren (Cyclops) haben Häcker und Schiller durch Einwirkung von Aether, Chloroform und mechanischen Reizen

*) Gemeint ist die lokomotorische Kernkomponente in der Ausdrucksweise M. Hartmanns.

(man beachte die Verschiedenartigkeit der Qualitäten dieser Faktoren) ähnliche Resultate erzielt. Die Zusammendrängung der Mitose zu einer einfacheren schneller verlaufenden Form geschieht durch folgenden Ablauf. Die Längsteilung der Chromosomen geschieht schon im Spirem (auch normalerweise öfter beobachtet), das Sternstadium verläuft sehr rasch, die Wanderung der Chromosomen erfolgt ungleichzeitig (ebenfalls ein oft beschriebenes Vorkommen), sie bilden vor der Verschmelzung Teilkernchen. Schließlich können bei weiterer Abkürzung Formen entstehen, die von der Amitose schwer zu unterscheiden sind. Mit zunehmender Schnelligkeit des Verlaufs nähern sich also die Bilder immer mehr der Amitose, man hat daher geschlossen, daß der Unterschied zwischen den beiden Teilungsformen „hauptsächlich ein gestaltlicher sei und in der Schnelligkeit des Verlaufs seinen Grund habe" (Häcker, Klemensiewicz).

Aehnliches beschreibt Conklin von der Furchung von Crepidula, die abnormen Bedingungen ausgesetzt wurde. Die Amitose sei eine anormale Mitose.

Auch Konopacki erzielte durch Einwirkung hypertonischer Lösungen (Seewasser + Na Cl Zusatz) auf Seeigeleier bei der Furchungsteilung einen amitosenähnlichen Kernteilungstyp mit erhaltener Kernmembran und chromatischer Streifung im eingeschnürten Kernraum.

Schließlich gibt E. Uhlenhuth eine Darstellung von „Mitose mit vereinfachtem Chromatinteilungsapparat" bei regenerierender oder in Plasmakultur befindlicher Froschhaut. Diese Vereinfachung führt über verklumpte Mitosen zu Bildern, wie sie auch Konopacki beschreibt.

Diese Angaben, denen sich noch weitere anreihen ließen, zeigen eine schrittweise Vereinfachung des mitotischen Apparates je nach der Intensität der wirkenden Faktoren. Dabei erkennt man deutlich die Tendenz, zunächst den Zeitpunkt der völligen Oeffnung des Kerns zu verkürzen: frühe Spaltung der Chromosomen bei erhaltener Kernmembran, kurzes Monatsterstadium, übereilte Abschließung der geteilten Chromosomen zu betriebsfähigen Teilkernen. Auch Heidenhain erwähnt, daß bei den Riesenzellen im Knochenmark des Kaninchens die Mitosen vom Monaster oder von der Metakinese an rückläufig werden und sogleich der Ruhekern sich ausbilden kann. In diesem Zusammenhang ist ferner die erwähnte Angabe von Meves von größtem Interesse, daß gerade in dem Zeitpunkt vom Monaster bis zum Dispirem die spezifische Funktion der Nierenzelle aufhöre. Die Voraussetzung für die Oeffnung des Kerns ist offenbar ein bestimmter Zustand des Cytoplasmas, er wird nicht erreicht, wenn das letztere von veränderten Stoffwechselprozessen in Anspruch genommen ist, wie sie durch die aufgezählten

unter sich ganz ungleichen Teilursachen ausgelöst werden. Es hat neuerdings Wassermann darauf aufmerksam gemacht, daß Veränderungen im Stoffwechsel des Cytoplasmas bei der Teilungshemmung, wie sie durch Wärmeeinwirkung erzielt wurde, maßgebend seien.

Bei einer intensiven Beanspruchung des Cytoplasmas durch einwirkende Reizfaktoren unterbleibt schließlich die Oeffnung des Kernes vollständig. In solchen Fällen muß auch die Anordnung der Chromosomen, sofern sie überhaupt gebildet werden, wesentlich geändert sein. Das sind dann die amitosenähnlichen Teilungsformen, die als Uebergänge ein besonderes Interesse beanspruchen. Als mitotische Komponente wird bei diesen Kompromißformen häufig eine chromatische Längsstreifung des eingeschnürten Verbindungsstückes angegeben. Es soll sich hierbei um Chromosomenäquivalente handeln. Chromatinfäden in derselben Anordnung entstehen aber auch bei Druckeinwirkung auf den Kern. Ich fand, daß bei Bindegewebskernen, die von einem anliegenden Fibrillenbündel gepreßt werden, eine chromatische Streifung quer zur Richtung der Fibrillen auftritt, wenn die Kernmasse zu beiden Seiten auseinanderquillt. Das Chromatin entweicht aus dem Druckgebiet und strebt in Form von Fäden den auseinanderweichenden Kernpolen zu, es folgt also der Zugrichtung, die senkrecht zum drückenden Fibrillenbündel liegt, zugleich schnürt sich der Kern an der Stelle der Einwirkung ein. Nimmt man an, daß das Chromatin auf einem Liningerüst lagert und überträgt man die Kräftewirkung auf diese netzförmige Grundlage, so kommt man zu demselben Resultat. Die auseinander gedrängten Kernpole erzeugen unter den Fibrillen einen sekundären Querzug, durch Zug schließen sich die Maschen des Netzes, was der Einschnürung entspricht, und die Fäden erreichen eine mehr parallele Lagerung in der Zugrichtung. Es wird das Bild einer Amitose nachgeahmt und zwar bei Kernen mit einer Ruhestruktur, die Chromatinfäden werden mechanisch erklärbar als auseinanderweichende Massen zwischen sekundären bipolaren Kräftezentren. Mit diesem Vorgang zu vergleichen ist die hantelförmige Durchschnürung des Nucleolus, die mit einer Axenverlängerung des Kerns einsetzt und ihn je nach Lage der künftigen Teilungsebene an verschiedenen Punkten treffen kann. Man wird also mit der Auffassung solcher Strukturen als Chromosomen zweifelhaft werden, zumal an den Kernpolen nach den Angaben der Autoren chromosomenähnliche Bildungen in den fortgeschrittenen Stadien nicht hervortreten. Allerdings trifft man ähnliche Bilder bei der sogen. Stichomitose vieler Amöben, die ebenfalls als Uebergangstypus zur Amitose aufgefaßt wird. Damit ist aber für die Frage nach der Chromosomennatur nicht viel gewonnen, denn auch in diesem Falle handelt es sich nur um chromosomenähnliche Bildungen. Man

sieht, daß die Deutung der oben erwähnten Chromatinstreifen als Chromosomen zu mindest sehr anfechtbar ist. Wir haben somit eine Teilungsart vor uns, die bei erhaltener Kernwand mit offenbar passiver Dehnung des Chromatins im Einschnürungsbezirk abläuft und in dieser Form auch als beginnende Amitose in unbeeinflußten Geweben öfter beschrieben oder abgebildet ist (z. B. gibt Nowikoff 08 eine größere Anzahl solcher Bilder wieder). Damit sind die Uebergangsstadien schon der Amitose sehr nahe gerückt.

Eine solche Teilung mit erhaltener Kernstruktur kann aber ablaufen, während das übrige Getriebe der Zelle weitergeht. Darin scheint mir die größte Bedeutung der Amitose zu liegen. Der gestaltliche Unterschied gegen die Mitose ist zugleich ein funktioneller in Bezug auf den Betrieb der Zelle. Der besondere Zustand des Cytoplasmas, wie er durch alle angeführten Reize bewirkt wird, bedingt nicht nur einsinnig die Form und Struktur des Kerns während seiner Teilung, sondern der funktionsfähige Kern der Amitose nimmt auch seinerseits am Unterhalt des Plasmas notwendig teil. Die Beziehungen bleiben also wechselseitig. Die größere Schnelligkeit des Teilungsverlaufs, die bei der zeitlichen und räumlichen Zusammendrängung der Mitose zu amitosenähnlichen Vorgängen schrittweise erzielt wird, bedeutet auch eine Abkürzung der Betriebsunterbrechung. Am Ende dieser Reihe erscheint die Amitose mit völlig ungeänderter Kernstruktur.

Wir haben bisher die Chromosomen als charakteristischste Komponente der Mitose in ihren Umwandlungen verfolgt. Es erübrigt sich noch auf den achromatischen Apparat einzugehen.

Bei den fraglichen Versuchen finden sich die Centren umgeben von einer mehr oder minder ausgebreiteten Strahlung an den Enden der gestreckten Kerne, eine Spindelbildung unterbleibt bei amitosenähnlichen Formen. Für die Strukturbildung des mittleren Kernabschnittes haben wir schon die Wirkung eines bipolaren Kräftezentrums angenommen, das uns jetzt in Gestalt der Centren entgegentritt. Man wird geneigt sein, in diesem Verhalten des achromatischen Apparates den Rest einer mitotischen Komponente zu erblicken, zumal seit Flemming das Verbleiben der Centren an der Durchschnürungsstelle für die Amitose als typisch angesehen wird. Auch dieses Phänomen erweist sich deutlich als ein Uebergang, da an Knochenzellen Amitosen mit polarer Centrenstellung neuerdings von Bast beschrieben sind. Bast benutzt den verschiedenen Grad der Aktivität der Centren zur Einteilung der Amitose. (Aktivität der Centren kann nur so verstanden werden, daß dort wo Centren auftreten, eine Abhängigkeit der Strahlung von ihnen erkennbar ist.) Beim ersten Typ stehen nach Bast die Centren an den Kernpolen, diese Form unterscheide sich von der Amitose nur durch das Ausbleiben der Chromosomenbildung. Beim

zweiten Typ, der bisher als der allgemein gültige angenommen wurde, verbleiben sie an der Durchschnürungsstelle und stehen zu der Einbuchtung in Beziehung. Im dritten Fall sind die Centren funktionslos oder gar abwesend (?) und zeigen keine Beziehungen zur Kernumformung. Diese Gruppierung zeigt jedenfalls eine größere Variationsbreite als sie bisher bei der Amitose vermutet wurde und ist bei einer im Bezug auf die Mitose reduzierten Teilungsform durchaus verständlich.

Man hat ferner achromatische Brücken zwischen amitotisch geteilten Kernen zum achromatischen Teilungsapparat der Mitose in Beziehung gesetzt. Die von mir beobachteten Kernumformungen durch Druckeinwirkung lassen keinen Zweifel darüber, daß der chromatinleer gewordene Kernraum zwischen den auseinanderweichenden Kernpolen solche Verbindungsstränge liefern kann. Es wird also in jedem Fall festgestellt werden müssen, ob auch bei der entsprechenden Mitose die Spindel aus der Substanz des Kerns sich bildet, um einen Vergleich durchführen zu können.

Mit der Erörterung der Beziehungen zwischen Mitose und Amitose handeln wir aber von einem Kern t e i l u n g s v o r g a n g, nachdem wir zuvor die Amitose als eine R e a k t i o n s w e i s e und die Kernteilung als etwas sekundäres erkannt hatten. Es müßten demnach zu der Reaktionsweise noch weitere Teilursachen hinzutreten, um aus ihr eine quantitätsgleiche Teilung hervorgehen zu lassen. Diese Ursachen haben wir stillschweigend vorausgesetzt, denn die diskutierten Experimente sind an Objekten durchgeführt, die im Wachstum sich befinden, jedenfalls aber normalerweise Mitosen zeigen. Diese Verfassung ist dem Material gegeben und von ihr aus müssen die Resultate beurteilt werden. Der Ausgang ist eine Mitosenbereitschaft (Aktivitätsperiode B o v e r i) der betr. Zellen. Auf diesen gegebenen Komplex wirken alle jene Faktoren, die für sich allein die Amitose als Reaktion auslösen. Es muß sich also um eine Durchdringung zweier Faktorengruppen handeln, als deren Resultat ein Kompromiß je nach dem Ueberwiegen der einen oder anderen Gruppe in verschiedener Form zustande kommt. Erst durch das gleichzeitige Vorhandensein von Teilungsbedingungen wird aus der Reaktionsweise ein Kernteilungsvorgang. Von der Teilungsbereitschaft, die nicht morphologisch faßbar ist, verbleibt der T e i l u n g s a m i t o s e offenbar eine ideelle Gleichgewichtsfläche, in der das Material halbiert wird, dann treten die Amitosen mit auffallend gleich großen Kernteilen auf, die wir schon eingangs als Spezialfälle erkannten. Ohne ihr Vorhandensein entstünden beliebige Zerschnürungen, die gar nichts mit einem Teilungsvorgang zu tun haben, und deswegen oft genug unvollständig bleiben und einen Kernpolymorphismus erzeugen. Diesen Vorgang möchte ich R e a k t i o n s a m i t o s e nennen.

Ob sich die Teilungsbedingungen auch bis zur Teilung des Zell-leibes durchsetzen können, ist nicht sicher, denn das Vorkommen der Zellteilung nach Kernamitose wird umstritten, und dieselben Faktoren (Narcotica etc.), welche in das Getriebe eingreifen und Kernamitosen bedingen, können auch in entsprechender Dosierung die Bildung der Zellscheidewände vereiteln (N é m e c).

Nun ließe sich behaupten, daß die angeführten Experimente zugleich eine Schädigung der Zelle bedeuten und daher aus ihren Resultaten keine bindenden Schlüsse auf die Normalität des Vorgangs gezogen werden könnten. Indessen verfügen wir auch über Beobachtungen an Pflanzen und Tieren, bei denen diese Einwände wegfallen.

Ich möchte hier auf ein Objekt eingehen, das schon öfter zum Ausgang für die Beurteilung von Kernteilungsvorgängen gedient hat. Es sind dies die Zellen, welche die Verwaltung des Dotters bei meroblastischen Eiern besorgen. Sie leiten den vegetativen Betrieb im Gegensatz zu den Furchungszellen, welche den Embryo aufbauen. Bei Selachiern bestehen in frühesten Stadien die Merocyten, wie R ü c k e r t angibt aus überzähligen Spermien. Diese Spermien machen in der Keimscheibe ein bis zwei normale Mitosen durch; gelangen sie dann in den darunter liegenden feinkörnigen Dotter, so verändert sich die Mitose und wird amitosenähnlich, und zwar ist der Grad der Veränderung um so stärker, je weiter die Zellen in den Dotter vorrücken. Spermien, die von vornherein in den grobkörnigen Dotter eindringen, gehen zugrunde.

Auch B a s h f o r d D e a n gibt an, daß zur Keimscheibe hin die Teilungen immer mitosenähnlicher werden, während im Dotter Amitosen vorherrschen sollen. Der Autor nimmt dabei an, daß Merocyten sich der Keimscheibe wieder einfügen können.

Die Zusammendrängung der Mitose zu amitosenähnlicher Form vollzieht sich durch ähnliche Umwandlungen wie bei der experimentellen Beeinflussung, und erreicht je nach dem umgebenden Medium verschiedene Grade. Aus den instruktiven Abbildungen und Beschreibungen von R ü c k e r t sei das Folgende hervorgehoben. Die Chromosomen können in der Spindel zu einem Chromatinstab verbacken. Eine Verbindung der veränderten Tochterplatten erfolgt unter Umständen durch Chromosomenketten. Ferner kommt eine frühzeitige Abschließung zu Chromatinbläschen vor, und bei ihrem Zusammenschluß zur Ruhestruktur können die Schwesterkerne auf weite Distanz verbunden bleiben. Auch der achromatische Apparat ist reduziert.

Für die Beurteilung dieser Vorgänge hat R ü c k e r t bereits die wesentlichsten Anhaltspunkte klar hervorgehoben. Danach steht erstens fest, daß von der Keimscheibe aus ein Mitosenreiz sich über das Ei verbreitet, das ist für unsere Betrachtungen die eine Fak-

torengruppe. Zweitens aber ist der Grad der Veränderung in gesetzmäßiger Weise abhängig von der jeweiligen Beschaffenheit der umgebenden Eisubstanzen, wobei Keimscheibe, fein- und grobkörniger Dotter nur eine gröbere Einteilung darstellen, und durch verschiedene Abstufungen verbunden sind. Gegeben ist also derMitosenreiz, es tritt hinzu der verschiedenartige Einfluß der Umgebung als zweite Faktorengruppe.

Es fragt sich noch, wie der Einfluß der verschiedenen Medien auf die Lebensvorgänge der Zellen zu denken ist. Darüber kann man nur durch Berücksichtigung der Zellfunktionen einige Klarheit gewinnen. Keinesfalls kann man die üppigen Ernährungsbedingungen im Dotter und das starke Wachstum für den abnormen Verlauf der Mitose allein verantwortlich machen, wie es mehrfach geschehen ist. Denn wie Rückert bemerkt, zeigen auch Kerne, welche kein vermehrtes Wachstum aufweisen, aber in einer bestimmten Eiregion gelegen sind, abgeänderte Mitosen. Somit ist das gesteigerte Wachstum etwas Sekundäres, und die guten Ernährungsbedingungen bedürfen einer näheren Betrachtung. Im grobkörnigen Dotter gehen die eingedrungenen Spermien zu Grunde, obwohl hier Nährmaterial in reichlicher Menge vorhanden ist, sind die Ernährungsbedingungen die denkbar ungünstigsten. Hingegen bietet der Dotter, wie er in den Furchungszellen und ihrer unmittelbaren Umgebung sich findet, offenbar die günstigsten Bedingungen für ein normales Wachstum. Es kommt also auf den Zustand des Dotters an, nicht auf die Masse, und es ist gerade die spezifische Funktion der Dotterzellen, das Material in einer Weise zu verarbeiten und vorzubereiten, daß es für die Assimilation geeignet wird. Zunächst geschieht das für den eigenen Bedarf der Dotterzellen, damit sie selbst existenzfähig bleiben, weiter aber für die Belieferung der Keimscheibe. (Diese Leistung der Dotterzellen wird in späteren Stadien morphologisch noch klarer erkennbar, wenn besondere Organe [Dottersack] für die Aufnahme, Verdauung, Verflüssigung und Abgabe des Nährmaterials an die zirkulierenden Körpersäfte ausgebildet werden.)

Greifen wir wieder auf die Dreischichtung des Eies zurück, so ist klar, daß die bezeichneten vegetativen Funktionen der Merocyten in der Keimscheibe wegfallen, in dem Maße aber die Zellen beanspruchen, wie sie durch den zu bearbeitenden feinkörnigen Dotter an die Grenze des grobkörnigen gelangen, wo zur Bewältigung dieses Rohmaterials die größte Arbeitsleistung vorausgesetzt werden muß.

Der Einfluß der verschiedenen Medien bedeutet somit eine abgestufte Belastung der Merocyten mit vegetativen Funktionen. Diese zweite Faktorengruppe tritt mit dem gegebenen Mitosenreiz in Konkurrenz und beide durchdringen sich zu einem Kompromiß.

In der Keimscheibe ist der Mitosenreiz allein vorhanden, nach

dem feinkörnigen Dotter zu tritt die zweite Faktorengruppe auf und stört die Mitose, die schließlich immer mehr reduziert wird, je mehr mit der Nachbarschaft des grobkörnigen Dotters die funktionelle Belastung der Zelle steigt. Daß in den betreffenden Medien eine solche Belastung als auslösender Faktor für die Amitose in erweitertem Sinn tatsächlich vorliegt, ist auch daraus zu entnehmen, daß auch während der Teilungsruhe die Kerne polymorphe Gestalt annehmen können.

Nach unserer Auffassung müßte schließlich die letzte Mitosenkomponente im Teilungsakt verschwinden, wenn die Spermien in ein Dottermaterial gelangen, daß ihr Assimilationsgetriebe vollständig beschlagnahmt und das sie in der Einwirkung auf dieses Material bis zum äußersten anstrengt, um überhaupt existenzfähig zu bleiben. Ein solcher Fall scheint bei der physiologischen Polyspermie des Tritoneies vorzuliegen, wo nach Braus die überzähligen Spermien, die in einer protoplasmaarmen Region liegen, sich von vornherein amitotisch teilen und polymorphe Kerne bekommen.

In späteren Stadien der Entwicklung treten bei meroblastischen Eiern besondere Dotterorgane auf, bei denen Syncytien in Kontakt mit der Nahrungsquelle wirksam sind, dieselben Gebilde also wie in den Plazentaorganen. W His hat vom physiologischen Standpunkt aus die Organe der embryonalen Ernährung als Lecithoblast und Trophoblast zusammengefaßt, und in der Tat ist die Uebereinstimmung im Verhalten der zelligen Elemente, die in direktem Kontakt mit der zu verarbeitenden Nahrung stehen und an diesem Ort einander ähnlichen Bedingungen ausgesetzt sind, leicht erkennbar.

Diese Syncytien nehmen am Aufbau des Embryo keinen unmittelbaren Anteil, sie sind nicht einmal formgebend für das Ernährungsorgan selbst, sie liegen unscharf begrenzt auf einer epithelialen Grundlage dieses letzteren. Lediglich die Ergebnisse ihrer Arbeit kommen dem Embryo zugut durch Vermittlung der Körpersäfte. So sind diese Syncytien reine Funktionsgebilde im Dienste der Ernährung. Ihr Wachstum erfolgt nur im Interesse dieser Leistung und kommt dem Embryo nur mittelbar zugut. Es geht nicht einher mit der sorglichen Reproduktion der Erbmasse in Form der Mitose, an die sich die Bildung spezifischer Bausteine schließt. Diese Massenzunahme ist ein Funktionswachstum, bei dem nur noch eine Teilung des Kerns auftritt (nicht des Zelleibs), und ohne Unterbrechung des Betriebs vor sich geht: durch Amitose. Es beherrscht hier die vegetative Funktion Wachstum und Teilung und verdrängt die formbildenden Prozesse. Auf den ganzen Organismus bezogen erscheint diese unlösbare Teilfunktion als Arbeitsteilung der Organe.

So bestätigen sich auch in diesem Naturexperiment unsere Vor-

stellungen von der Wirksamkeit der Faktoren, welche Amitose auslösen, und am schönsten bewähren sie sich, um die Umformung der Mitose zur Amitose verständlich zu machen. Kurz zusammengefaßt ist die Oberflächenvergrößerung des Kerns unter Bildung zusammenhängender oder getrennter Teile eine morphologisch leicht erkennbare Reaction der Zelle auf unspezifische Reize, welche das Plasma beschlagnahmen (Reactionsamitose). Bei gleichzeitigem Vorhandensein einer Teilungsbereitschaft kann daraus eine Halbierung des „Ruhe"kerns in betriebsfähigem Zustand resultieren, ein Teilungsvorgang, für den der ursprüngliche Sinn des Wortes Amitose zutrifft.

Literaturverzeichnis.

Arnold, Arch. f. m. Anat. 30. 1887. Bast, The Americ. Journ. of Anat. 23. 1921. Braus, Jena. Zeitschr. f. Naturw. 29. 1895. Buscaloni, Accad. Medic. Torino 1892. Child, Anat. Anz, 30. 1907, und Biol. Bull. 12, 13. 1907. Chun, Phys. ökon. Ges Königsberg. 1890. Conklin, Journ. of Acad. of Natur. Sciences, Philadelphia 15. 1912. Dean, Chimaeroid fishes and their development. Washington 1906. Deetjen, Arch. f. Anat. u. Phys. Phys. Abt. 1916. Erdmann, Arch. f. Entw.-Mech 48. 1921. Flemming, Erg. d. Anat. u. Entw.-Gesch. II. 1892. Fürst, Beitr. z. path. Anat. 24. 1898. Häcker, Anat. Anz. 27. 1900. Hartmann, O., Arch. f. Entw.-Mech. 44. 1918. Heidenhain, Arch f. mikr. Anat. 43. 1894. Hertwig, O., Allgem. Biologie, Jena 1906. Hertwig R., Arch f. Zellf. I. 1907. Hermann, J., Arch. f. mikr. Anat. 34, 1889. His, W., Abh. d. math.-phys. Klass d. sächs Akad. d. Wissensch. 1901. Jordan, Anat Anz. 44. 1913. Klemensiewicz, Zieglers Beitr. 33. 1903. Korschelt, Zool. Jahrb. 4. 1889. Krahelska, Archiv. f. Zellf. 9. 1903. Laodowsky, Virch Arch. 96. Levy, F., Berl. klin. Wochenschr. 34. 1921, u. Zeitschr. f. Anat. u. Entw. 61. 1921. Loeb, L, Arch. f. Entw.-Mech. 32. 1911. Marchand, Zieglers Beitr. 66. 1920, u. 69. 1921. Maximow, Anat. Anz. 33. 1908. Meves, Festschr. f. Kupfer, Jena 1899. Mollier, Arch. f. mikr. Anat. 74. 1909, u. 76. 1911. Nakahara, Journ. Morph. 30. 1913. Nathanson, Pfeffer, Math.-phys. Kl. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig 1899. Němec, Jahrb. f. wiss. Botanik. 39 1904. Nowikoff, Zeitschr. f. wiss. Zool. 90. 1908, u. Arch. f. Zellf. 5. 1910. Patterson, Anat Anz. 32. 1908. Popoff, Arch. Protistenk. Suppl. I, 1907. v. Prowazek, Physiol. d. Einzelligen, Leipzig 1910. Reichenow, Arch. f. m. Anat 72. 1908. Reinke, Verh. anat. Ges. Kiel 1908. Rückert, Festschr. f. Kupfer, Jena 1899. Rubaschkin, Arch. f. m. Anat. 66. Schiller, Arch. f. Entw.-Mech. 27, 1909. Schürhof, Beiheft bot. Zentralbl. 19. 1906. Straßburger, Progressus rei bot. 1. 1906. Tischler, Verh. Naturf. Med. Verein Heidelb. 6. 1900. Tonkoff, Anat. Anz. 16, 1899. Uhlenhuth, Arch. f. Entw.-Mech 42. 1917. Wassermann, Verh. anat. Ges. 1921. Wisselingk, Bot. Zeitg. 61. 1903. Ziegler, Biol. Zentralbl. 11, 1891. Zawarzin, Arch. f. m. Anat. 74. 1909.

Manuskript eingegangen am 19. 1. 23.

Verzeichnis der Mitglieder*)

(am Schluß des Jahres 1922).

Ehrenmitglieder.

Marchand, Felix, Dr. med., o. Professor der pathol. Anatomie, Geh. Med.-Rat, Leipzig 19. 12. 00
Kayser, Emanuel, Dr. phil., o. Prof. em. der Geologie, Geh. Reg.-Rat, München 23. 10. 18
(13. 1. 86)

Einheimische Mitglieder.

A. Ordentliche.

Ahlfeld, Friedrich, Dr. med., o. Prof. em. d. Gynäkol., Geh. Med.-Rat 11. 7. 83
v. Auwers, Karl, Dr. phil., o. Prof. der Chemie, Geh. Reg.-Rat . 17. 12. 13
Bielschowsky, Alfred, Dr. med.. o. Professor der Augenheilkuude, Geh. Med.-Rat 6. 3. 14
(30. 7. 13)
Bonhoff, Heinrich, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Geh. Med.-Rat 9. 3. 04
(8. 11. 99)
Claussen, Peter, Dr. phil., o. Prof. der Botanik 14, 6. 22
Dittler, Rudolf, Dr. med., o. Prof. der Physiologie 13. 12. 22
Feussner, Wilhelm, Dr. phil., o. Hon.-Professor der theoretischen Physik, Geh. Reg.-Rat 14. 7. 81
(10. 6. 69)
Freudenberg, Ernst, Dr. med., o. Prof. der Kinderheilkunde . 14. 6. 22
Frey, Ernst, Dr. med., Professor, Privatdozent 8. 3. 22
(30. 7. 13)
Gadamer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der pharmazeut. Chemie Geh. Reg.-Rat 28. 5. 19
(9. 3. 98)
Göppert, Ernst, Dr. med., o. Professor der Anatomie 22. 10. 19
(4. 12. 12)
Gürber, August, Dr. med. et phil., o. Professor d. Pharmakologie 28. 6. 11
(9. 12. 08)
Hensel, Kurt, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik Geh. Reg.-Rat . 10. 12. 02
Hildebrand, Heinrich, Dr. med,, o. Hon.-Professor der gerichtl. Medizin, Geh. Med.-Rat 12. 5. 15
(14. 12. 04)
Jaensch, Erich, Dr. phil., o. Professor der Philosophie 10. 3. 15
(11. 6. 13)
Korschelt, Eugen, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Geh. Reg.-Rat 26. 7. 98
Kutscher, Friedrich, Dr. med., o. Professor der Physiologie . . 12. 2. 93
(16. 2. 08)
Läwen, Arthur, Dr. med., o. Prof. der Chirurgie 23. 6. 20

---

* Die Daten bedeuten den Tag der Ernennung, die in Parenthese gesetzten Daten den Tag der Ernennung zum außerordentlichen Mitglied.

Müller, Eduard, Dr. med., o. Prof., Direktor der med. Poliklinik 7. 5. 11
(9. 2. 10)
Neumann, Ernst, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik 10. 11. 20
Nordhausen, Max, Dr. phil., o. Professor der Botanik 8. 3. 22
(12. 5. 12)
Ostmann, Paul, Dr. med., o. Hon.-Prof. d. Otologie, Geh. Med.-Rat 13. 11. 95
Schaefer, Clemens, Dr. phil., o. Prof. der Physik 8 12. 20
Schulze, Franz Arthur, Dr. phil., o. Prof. der theor. Physik . . 5. 8. 08
(31. 7. 01)
Schultze Jena, Leonhard, Dr. phil., o. Professor der Geographie . 7. 5. 13
Schwenkenbecher, Dr. med., o. Prof. der inneren Medizin 23. 6. 20
Seidel, Hans, Dr. med. dent., o. Prof. der Zahnheilkunde . . . 8. 3. 22
(9. 2. 21
Sterz, Georg, Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie und Neurologie . 7. 12. 21
Strecker, Wilhelm, Dr. phil., o. Professor der Chemie 8. 3. 22
(6. 3. 14)
Thiel, Alfred, Dr. phil., o. Professor der physikalischen Chemie . 8. 5. 12
(10. 3. 11)
Tuczek, Franz, Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Geh. Med.-Rat 15. 5. 95
(14. 3. 90)
Uffenorde, Walther, Dr. med., o. Professor der Ohrenheilkunde . 14. 6. 22
Uhlenhuth, Paul, Dr. med. o. Hon.-Professor der Hygiene . . . 7. 12. 21
Wedekind, Rudolf, Dr. phil., o. Prof. d. Geologie u. Paläontologie 12. 12. 17
Weigel, Otto, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie 10. 7. 18
(9. 2. 163
Zangemeister, Wilhelm, Dr. med., o. Professor der Gynäkologie . 28. 6. 11
Zincke, Theodor, Dr. med., o. Prof. em. der Chemie, Geh. Reg.-Rat 13. 1. 76

B. Außerordentliche.

Berlin, Ernst, Dr. phil., Assistent am physiologischen Institut . 26. 16. 1
Benninghoff, Alfred, Dr. med., Privatdozent der Anatomie . . . 11. 5. 21
Blanckenhorn, Max, Professor Dr., Landesgeologe 15. 11. 1
Brand, Walter, Dr. phil., Studienrat, Oberlehrer 19. 32. 1
Burckhard, Hans, Dr. med., Professor, Privatdozent 8. 3. 22
Dieterle, Hugo, Dr. phil., Privatdozent 14. 6 22
Esch, Peter, Dr. med., Professor, Privatdozent 20. 11. 13
Grüter, Wilhelm, Dr. med., Frofessor, Privatdozent, Assistent an der Augenklinik 28. 6. 11
Jahrmärker, Max, Dr. med., Professor, Privatdozent, Direktor der Landesheilanstalt 10. 2. 04
Kauffmann, Oskar, Hauptmann d. L., Forschungsreisender . . . 13. 12 11
Knabe, Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Direktor der Oberrealschule . . 19. 2. 19
Kreckwitz, Hans, Dr. med., Assistent an der medizin. Poliklinik . 24. 6. 14
Reissert, Arnold, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Chemie . 11. 2. 03
Rick, Dr. med., Assistent an der Frauenklinik 24. 6. 14
Rieländer, August, Dr. med., Prof., Privatdozent der Gynäkologie 13. 6. 06
Ruete, Alfred, Dr. med., o. Prof. der Dermatologie 8. 3. 22
Schindewolf, Otto, Dr. phil., Privatdozent 8. 3. 22
Schwantke, Arthur, Dr. phil., Professor, Privatdozent, Assistent am mineralogischen Institut 21. 6. 99
Siebert, Karl, Dr. phil., Chemiker 14. 5. 02
Strieder, Franz, Dr. phil., Assistent am physikalischen Institut . 10. 7. 18
Stuchtey, Karl, Dr. phil., Privatdozent, Assist. am physik. Institut 9. 12. 08
Take, Emil, Professor, Dr. phil., Privatdozent, Assistent am physikalischen Iustitut 9. 12. 08

Tönniges, Karl, Dr. phil., Professor, Assistent am zoolog. Institut 16. 2. 98
Veit, Otto, Dr. med., Privatdozent, Professor, I. Prosektor . . . 28. 7. 09
Wilson, Karl, Geh. Reg.-Rat 19. 2. 19
Wintzer, Paul, Dr. med., prakt. Arzt 13. 5. 14

Auswärtige Mitglieder.*)

Ach, Narciss, Dr. med. et phil., Prof. der Philosophie, Königsberg (8. 2. 05)
Ackermann, Dankwart, Dr. med., Professor, Privatdozent der Physioiogie, Würzburg . . . . (5. 8. 08)
Andrée, Karl, Dr. phil., a. o. Professor der Geologie, Königsberg (4. 8. 10)
Aschoff, Ludwig, o. Prof. der patholog. Anatomie, Freiburg i. Br. 17. 6. 03
Axenfeld, Theodor, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Freiburg i. Br. (15. 1. 96)
Barth, Adolf, Dr. med., o. Professor der Otologie, Leipzig . . 4. 11. 91
Barth, Arthur, Dr. med., Professor, Oberarzt, Danzig . . . . (13. 11. 95)
Beneke, Rudolf, Dr. med., o. Professor der path. Anatomie, Halle 14. 11. 06
Berblinger, Walter, Dr. med., o. Prof. der pathol. Anat., Jena . (8. 2. 05)
v. Bergmann, Gustav, Dr. med., o. Prof. d. inn. Medizin, Frankfurt a. M. 10. 5. 17
Bessau, Georg, Dr. med., o. Prof. der Kinderheilkunde, Leipzig . 12. 1. 21
Böhm, Rudolf, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Geh. Med.-Rat, Leipzig 20. 5. 81
Borrmann, Robert, Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Braunschweig . . . . (14. 5. 02)
Brauer, Ludolf, Dr. med., o. Professor, Direktor der medizinischen Klinik in Hamburg-Eppendorf . . . . (14. 12. 04)
**Breithaupt, Wilhelm,* Dr. ing. h. c., Cassel 23. 10. 18
Brauns, Reinhard, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Geh. Berg-Rat, Bonn . . . . (27. 1. 88)
Bruns, Oskar, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, Königsberg . (28. 6. 11)
Buchholz, Adolf, Dr. med., Professor, Hamburg 8. 12. 97
Busz, Karl, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Münster . . (19. 6. 95)
Cloos, Hans, Dr. phil., o. Professor der Geologie u. Paläontologie, Breslau 10. 3. 15
v. Dalwigk, Friedrich, Dr. phil., Prof., Potsdam, Geodät. Institut. (9. 5. 00)
Diels, Ludwig, Dr. phil., Kustos am botanischen Museum, o. Professor an der Universität, Berlin-Dahlem 28. 6. 11
(28. 7. 09)
Drevermann, Fritz, Dr. phil., Professor, Frankfurt a. M. . . . (11. 2. 03)
Enderlen, Eugen, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Heidelberg 12. 2. 97
**Eysell, Adolf,* Dr. med., Geh. Sanitätsrat, Cassel 23. 10. 18
Falk, Ferdinand August, Dr. med., a. o. Prof. d. Pharmakologie, Kiel 28. 4. 75
**Fennel, Adolf,* Inhaber der Firma Otto Fennel Söhne, Cassel . (23. 10. 18)
Fischer, Guido, Dr. phil., a. o. Professor der Zahnheilkunde, Hamburg 28. 6. 11
Fraenkel, Karl, Dr. med., o. Professor der Hygiene, Breslau . . 4. 11. 91
Fries, Karl, Dr. phil., o. Professor der Chemie, Braunschweig . . 10. 3. 15
(9. 3. 04)
Fuëter, Rudolf, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Zürich . (3. 5. 07)
Goebel, Karl, Dr. phil., o. Professor der Botanik, München . . . 27. 1. 88
**Guder,* Dr. med., Geh. Med.-Rat, Kreisarzt, Laasphe 23. 10. 18

*) Die mit einem * bezeichneten sind korrespondierende, die sämtlichen übrigen ehemalige einheimische Mitglieder.

Hagemann, Richard, Dr. med., Professor, Privatdozent, Würzburg 13. 5. 14
Harms, Wilhelm, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Königsberg . 7. 6. 10
Haselhoff, Emil, Dr. phil., Professor, Direktor der landwirtsch. Versuchsstation, Cassel . . . . (11. 2. 03)
Häcker, Rudolf, Dr. med., Professor, Oberarzt der chirurgischen Klinik, Essen . . . . (7. 6. 10)
Heffter, Arthur, Dr. phil. et med., o. Professor der Pharmakologie, Berlin 14. 11. 06
Heine, Leopold, o. Professor der Ophthalmologie, Kiel . . . . (18. 1. 99)
Hellinger, Ernst, Dr. phil., a. o. Professor der Mathematik, Frankfurt a. M. . . . . (12. 1. 10)
**Heraeus, Wilhelm,* Dr. phil., Leiter der Firma W. C. Heraeus, Hanau 23. 10. 18
Hermann, Theodor, Dr. phil., Hanau . . . . (2. 7. 68)
v. Hess, Karl, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, München 11. 11. 96
Hess, Otto, Dr. med., Professor, Oberarzt, Posen . . . . (25. 6. 02)
**Heusler, Fritz,* Dr. phil., Hüttendirektor, Dillenburg 8. 2. 05
Hofmann, Franz, Dr. med., o. Prof. der Physiologie, Bonn . . 21. 6. 16
Hohmeier, Friedrich, Dr. med., Professor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Coblenz . . . . (24. 6. 14)
Hürter, Jakob, Dr. med., Professor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Mainz 17. 12. 13
Jores, Leonhard, Dr. med., o. Professor, Direktor des patholog. Instituts, Kiel 9. 23. 1
Jung, Heinrich, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Halle . . (13. 7. 01)
Katsch, Gerhard, Dr. med., Privatdozent, Frankfurt a. M. . . . 29. 5. 05
Keller, Oskar, Dr. phil., o. Professor der pharmaz. Chemie, Jena . 28. 6. 01
Kirstein, Friedrich, Dr. med., Professor in Bremen . . . . . (8. 3. 22)
König, Friedrich, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Würzburg 9. 7. 00
Körner, Theodor, Dr. phil., Chemiker, Buxtehude . . . . 21. 3. —
Kossel, Albrecht, Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Rat, Heidelberg 15. 5. 95
Krauss, Wilhelm, Dr. med., Professor der Augenheilkunde an der medizinischen Akademie, Düsseldorf . . . . (10. 7. 07)
v. Krehl, Ludolf, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, Heidelberg 8. 11. 99
Küster, Ernst, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Berlin 4. 11. 91
Küttner, Hermann, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Breslau (8. 2. 05)
**Leitz, Ernst,* jun., Dr. phil. h. c., Wetzlar 23. 10. 18
Löning, Fritz, Dr. med., Prof., Chefarzt am Krankenhaus in Harburg 9. 7. 13
Loewi, Otto, Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Graz . . (15. 5. 01)
Lotz, Heinrich, Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . (13. 12. 99)
Matthes, Max, Dr. med., o. Professor der inneren Medizin, Geh. Med.-Rat, Königsberg 28. 6. 11
Meisenheimer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Leipzig 5. 8. 08
(16. 2. 98)
**Mense, Karl,* Dr. med., Professor, Cassel 23. 10. 18
Meyer, Hans, Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Wien . 11. 3. 85
Misch, Georg, Dr. phil., o. Professor der Philosophie, Göttingen . (30. 7. 13)
v. Müller, Friedrich, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, München 26. 7. 93
Neide, Ernst, Major a. D., Dr. phil., Allstedt, Sachsen-Weimar . (13. 1. 04)
Noll, Alfred, Dr. med., a. o. Professor der Physiologie, Jena . . (16. 2. 98)
Obst, E., Dr. phil., o. Professor der Geographie, Hannover . . . (13. 11. 12)
Oestreich, Karl, Dr. phil., o. Professor der Geographie, Utrecht . (9. 3. 04)
Opitz, Erich, Dr. med., Prof., Direktor der Frauenklinik, Gießen . (13. 1. 04)
Pfannkuch, Wilhelm, Dr. med., prakt. Arzt, Cassel . . . . . (17. 1. 72)

Plate, Ludwig, Dr. phil., o. Professor der Zoologie, Jena . . . (27. 1. 88)
Plenge, Enriquez, Dr. med., Heidelberg . . . . (7. 3. 99)
Ransom, Frederick, Dr. med., Cambridge . . . . (7. 3. 99)
Rathke, Bernhard, Dr. phil., Professor der physik. Chemie, Meran 14. 3. 84
**Rehn, Joh. Heinrich,* Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M. . . . 26. 11. 80
Romberg, Ernst, Dr. med., o. Professor der inn. Medizin, München 20. 6. 00
**Roser, Wilhelm,* Dr. phil., Professor, Höchst 23. 10. 18
Rost, Eugen, Dr. med., Professor, Geh, Regierungsrat, Berlin . . (16. 2. 98)
Rubner, Max, Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Med.-Rat, Berlin 13. 1. 86
Rühl, Alfred, Dr. phil., a. o. Professor der Geographie, Berlin . (28. 7. 09)
Rumpf, Theodor, Dr. med., Professor, Bonn 14. 3. 90
Rupp, Erwin, Dr. phil., o. Professor für pharmaz. Chemie, Breslau (14. 12. 04)
Ruppel, Wilhelm, Dr. phil., Professor, Berlin . . . . (18. 7. 00)
Sauerbruch, Ferdinand, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, München . . . . (7. 6. 10)
Schaum, Karl, Dr. phil., o. Professor der physik. Chemie, Gießen 13. 12. 05
(11. 8. 97)
Schenck, Martin, Dr. med. et phil., a. o. Prof. der med. Chemie in Dresden . . . . (28. 6. 11)
Schenck, Rudolf, Dr. phil., o. Professor der Chemie, Geh. Reg.-Rat, Münster . . . . (11. 8. 97)
Schmidt, Martin, Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie, Würzburg 28. 6. 11
Schöne, Georg, Dr. med., Privatdozent für Chirurgie, Greifswald (7. 6. 10)
Schottelius, Max, Dr. med., o. Professor der Hygiene, Hofrat, Freiburg i. B. (11. 7. 79)
Schottky, Friedrich, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Geh. Reg.-Rat, Berlin 15. 5. 95
Schridde, Hermann, Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Dortmund . . . . (13. 12. 05)
**Schwalm, J.,* Kreisschulrat, Ziegenhain 8. 3. 22
Seddig, Max, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Physik, Frankfurt a. M. . . . . (17. 6. 03)
Siemens, Friedrich, Dr. med., Geh. Med.-Rat, Direktor der Landes-Irrenanstalt Lauenburg i. P. . . . . (19. 12. 79)
Stoeckel, Walter, Dr. med., o. Professor, Direktor der gynäkolog. Klinik, Kiel . . . . (5. 8. 08)
Strahl, Hans, Dr. med., o. Professor der Anatomie, Gießen . . . 27. 1. 88
(14. 12. 80)
Straub, Walther, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Freiburg (13. 12. 05)
Study, Eduard, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Bonn . . (14. 3. 90)
Uhthoff, Wilhelm, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau 4. 11. 91
**Vogt, Heinrich,* Dr. med., Professor, Wiesbaden 23. 10. 18
Wagener, Oskar, Dr. med., o. Prof. der Ohrenheilkunde, Göttingen 11. 5. 20
Wegener, Alfred, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Meteorologie und Astronomie, Hamburg 12. 5. 15
(28. 7. 09)
Wendel, Walther, Dr. med., Professor, Direktor des städtischen Krankenhauses, Magdeburg-Sudenburg . . . . (12. 2. 02)
Wernicke, Erich, Dr. med., Professor, Landsberg a. W. 16. 2. 98
(10. 2. 97)
Wollenberg, Robert, Dr. med., o. Professor der Psychiatrie und Neurologie, Geh. Med.-Rat, Breslau 28. 5. 19
**Wortmann,* Geh. Rat, Professor Dr., Geisenheim 23. 10. 18

Durch den Tod hat die Gesellschaft verloren:

von den ordentlichen Mitgliedern:

Löhlein, Max, Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie . . 10. 7. 18
Meyer, Arthur, Dr. phil., o. Professor der Botanik, Geh. Reg.-Rat 4. 11. 91

Der Vorstand.

J. Gadamer, Vorsitzender. *E. Frey,* ständiger Schriftführer.
A. Thiel, Schatzmeister. *R. Wedekind,* Schriftenleiter.

Engerer Ausschuß.

E. Göppert, stellvertr. Vorsitzender. *F. Tuczek.* *Weigel.* *Thiel.*

Ordentliche Sitzungen 1922.

A. Vorträge.

11. Januar im physiologischen Institut:
    Herr Läwen: Zur Behandlung angiospastischer Schmerzzustände an der unteren Extremität.
    Herr Bessau: Moderne Tuberkulose-Probleme.

15. Februar im physiologischeu Institut:
    Herr Knabe: Der mathematisch-naturwissenschaftl. Unterricht in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.
    Herr Hofmann: Beobachtung und Zählung von Blutplättchen.

8. März im geologischen Institut:
    Herr Wedekind: Bericht über die Ergebnisse seiner Studienreise in die Eifel.

10. Mai im physiologischen Institut;
    Herr Seiffert: Über das d'Hérelle'sche Phänomen.
    Herr Dieterle: Über Drosera binata.

14. Juni im physiologischen Institut:
    Herr Hofmann: Die Kinematographie im physiologischen Unterricht.
    Herr Benninghoff: Zur Kenntnis und Bedeutung amitoseähnlicher Vorgänge.

10. Juli im physikalischen Institut:
    Herr Heusler: Über die Härtbarkeit von Bronzen.

19. Juli im physiologischen Institut:
    Herr Uhlenhuth: Experimentelle Syphilisforschungen.

15. November im botanischen Institut:
    Herr Claussen: Physiologische Untersuchungen über die Geschlechtsverteilung bei den niederen Pilzen.

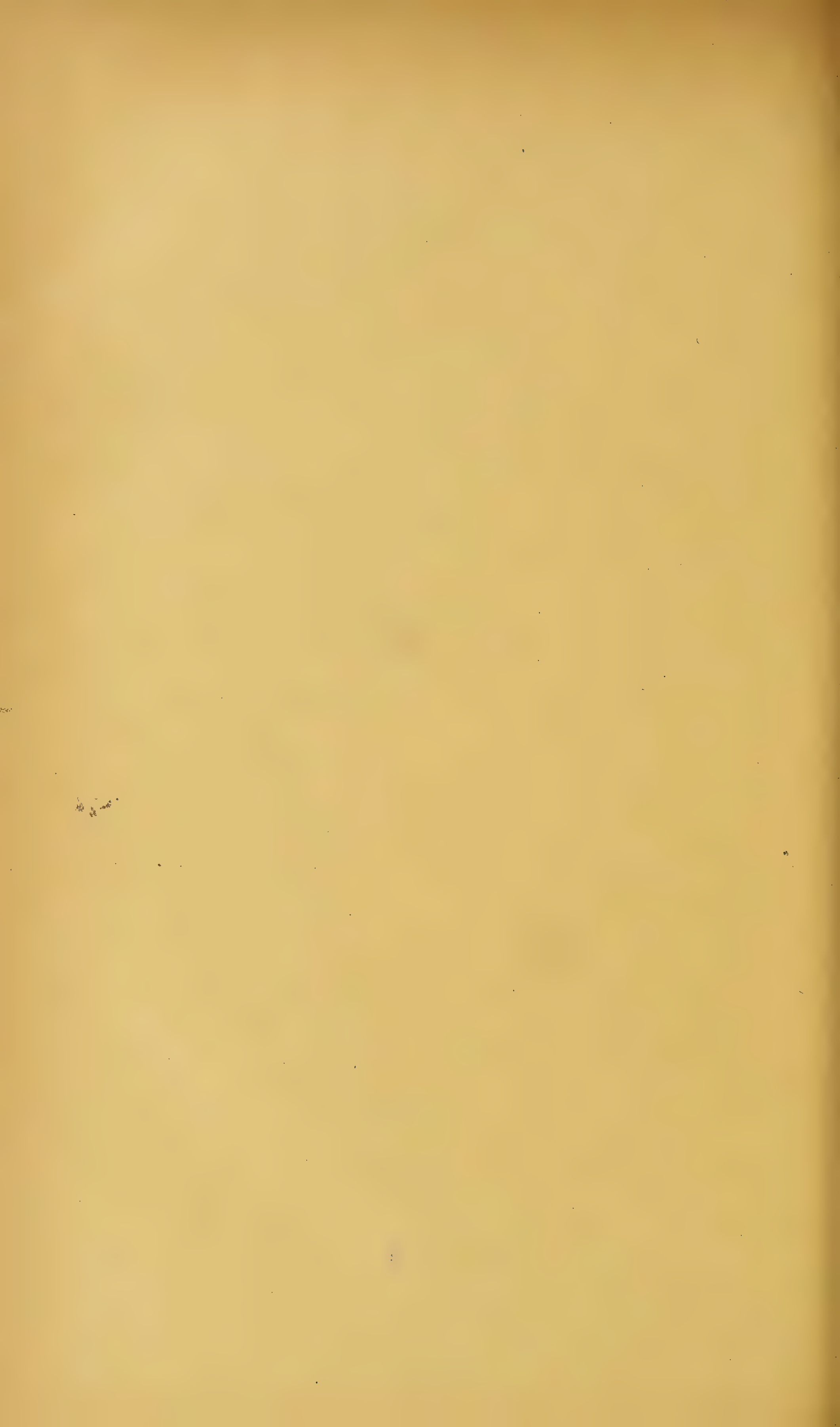
13. Dezember im physikalischen Institut:
    Herr Schäfer: Beugung elektrischer Wellen am Zylinder. Eine neue Interferenzerscheinung.

B. Wahlen.

8. März: Zu ord. Mitgliedern die a. o. Mitglieder: Prof. Nordhausen, Prof. Seidel, Prof. Strecker, Prof. Frey; zu a. o. Mitgl.: Dr. Schindewolf, Prof. Ruete, Prof. Burckhard, Prof. Kirstein; zum korresp. Mitglied: Kreisschulrat Schwalm, Ziegenhain. — 10. Mai: Vorstandswahl; Ergebnis: Vorsitzender: Geh. Rat Gadamer; stellvertretender Vorsitzender: Prof. Göppert; Beisitzer: Geh. Rat Tuczek, Prof. Weigel; Schatzmeister: Prof. Thiel; Schriftenleiter: Prof. Wedekind; Schriftführer: Prof. Frey. — 14. Juni: Zu ord. Mitgl.; Prof. Claussen, Prof. Freudenberg, Prof. Uffenorde; zum a. o. Mitgl.: Dr. Dieterle. — 13. Dezember: Zum ord. Mitgl.: Prof. Dittler.

Inhalt.





Sitzungsberichte

der

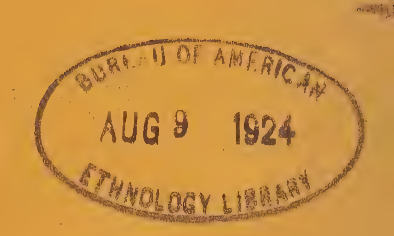
Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1923

I. Teil



Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
1924.



Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1923

Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
1924.



Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg

Nr. 1 Februar 1923

A. Fruböse:

Versuche zum optischen Raumsinn: sog. absolute Lokalisation
(gemeinsame Versuche mit F. B. Hofmann).

Im Gebiete des optischen Raumsinnes unterscheiden wir bekanntlich eine relative und eine absolute Lokalisation. Ein Beispiel des ersten Falles: Wenn ich einen Punkt B rechts von einem Punkt A sehe, so ist damit gar nichts darüber gesagt, ob ich etwa den einen der beiden Punkte „gerade vor mir“ sehe, d. h. in die Medianebene meines Körpers lokalisiere, oder beide Punkte rechts, beide Punkte links von dieser Medianebene oder aber den Punkt A links, B rechts von ihr. Die sogen. absolute Lokalisation bezieht nun die Punkte im Raum auf ein 3achsiges Koordinatensystem; die 3 Hauptebenen sind dabei die Medianebene des Körpers, die Frontalebene und die durch beide Augen gelegte Horizontalebene. Der Physiker wird — auch wenn er dem Physiologen kein tieferes Verständnis für die moderne Relativitätslehre zutraut, — doch gegen diesen Mißbrauch der Bezeichnung „absolute Lokalisation“ entschieden Einspruch erheben und verlangen, daß für derartige Lokalisationsbestimmungen nicht unser eingebildetes „Ich“, sondern zum mindestens unser kleiner Erdball als Bezugssystem gewählt wird. In der Tat bildet ja z. B. für die Lokalisation oben und unten die Horizontalebene in Augenhöhe nur dann die Grundlage, wenn wir uns in aufrechter Körperhaltung befinden; bei Rückenlage können wir in Bezug auf die gleiche Transversalebene unseres Körpers nicht mehr von oben und unten, sondern nur von kopfwärts und fußwärts sprechen. Es ist daher richtiger, bei dieser Benutzung unseres eigenen Körpers als Bezugssystem den Hering'schen Ausdruck „absolute Lokalisation“ zu vermeiden und hierfür die von G. E. Müller und Filehne eingeführte Bezeichnung „egozentrische Lokalisation“ zu verwenden. Im Gegensatz dazu wollen wir die subjektive Bestimmung der physikalischen Richtungen, also der scheinbaren Vertikalen und Horizontalebene, bei beliebiger Körperlage als optische Orientierung im Raum bezeichnen. Diese strenge Trennung von egozentrischer Lokalisationsweise und Orientierung im Raum ist bisher in den Untersuchungen über optische Lokalisation nicht genügend durchgeführt

worden; in Sonderheit sind die scheinbare Vertikale und querhorizontale Richtung im allgemeinen nur bei aufrechter Kopf- und Körperstellung studiert worden. Aus diesem Grunde haben Herr Geheimrat Hofmann und ich es im vorigen Winter und vergangenen Sommer unternommen, derartige Bestimmungen systematisch bei verschiedenen Kopf- und Körperstellungen auszuführen, und über diese Versuche möchte ich Ihnen heute Abend berichten.

Ich will zunächst über die benutzte Methodik sprechen. Die Versuche haben wir regelmäßig so angestellt, daß die Vp. im Dunkelzimmer bei binokularer Beobachtung einen 65 cm langen schwach glühenden Draht, der in einen drehbaren Bügel eingespannt war, in eine bestimmte Richtung einstellte. Der Draht durfte nur so stark glühen, daß er eben gut sichtbar, außer ihm aber nichts von der Umgebung zu erkennen war, was durch Einschalten eines verstellbaren Widerstandes in einen elektrischen Stromkreis erreicht wurde. Um zu vermeiden, daß der Draht bei seiner Verlängerung im Glühen sich entspannte, war er mit dem einen Ende an eine Spiralfeder befestigt, die nicht vom Strome durchflossen wurde. Das Einstellen des Glühdrahtes geschah mit Hülfe von 2 Schnüren, die an den Enden des Bügels befestigt und zunächst durch geeignet angebrachte Oesen geführt waren, sodaß die Zugrichtung im Laufe einer Versuchsreihe geändert werden konnte. Dadurch werden Fehler ausgeschaltet, die bei der 30—50 mal wiederholten gleichen Einstellung durch Wiederholung immer derselben Armbewegungen leicht entstehen können; es könnte nämlich sonst dazu kommen, daß bei den Einstellungen die erforderlichen Armbewegungen unbewußt gewissermaßen eingeübt werden, indem die Empfindungen von der Stellung der Hände nach erfolgter Einstellung deutlich in Erinnerung bleiben, und daß dadurch im Laufe einer Versuchsreihe die Abweichungen der einzelnen Einstellungen von einander immer geringer werden. Zu dem gleichen Zwecke wurden die Schnüre nach jeder Einstellung losgelassen und nach Verstellung der Leuchtlinie durch den Versuchsleiter an einer anderen zufälligen Stelle wieder gefaßt. Die Vp. hielt in der Zwischenzeit die Augen geschlossen. Mit Hülfe dieser Einrichtung konnte also die Vp. Drehungen des Glühdrahtes um seinen Mittelpunkt in einer Ebene ausführen und zwar je nach Befestigung der auf einem Sockel montierten Drehungsachse in einer vertikalen, horizontalen oder schrägen Ebene. An dem Drehbügel befand sich dann eine Gradeinteilung, die nach jeder Einstellung Ablesung in ganzen oder $^1/_5$ Graden ermöglichte.

Die Resultate solcher Versuchsreihen von wie gesagt meist 30 und mehr Einzeleinstellungen geben nun Aufschluß einmal über die Richtigkeit und zweitens über die Bestimmtheit des Urteils. Die Richtigkeit wird angegeben durch den sog. konstanten Fehler in der Versuchsreihe gegenüber der physikalisch richtigen Richtung (Ver-

tikale, Querhorizontale usw.); er entspricht dem arithmetischen Mittel der Fehler aller Einstellungen einer Reihe. Als Maß für die Bestimmtheit des Urteils dient dagegen der sog. mittlere variable Fehler; er wird aus den Abweichungen der Einzeleinstellungen von dem vorher bestimmten konstanten Fehler berechnet.

Unsere Versuche erstreckten sich in erster Linie auf Bestimmungen der scheinbaren Vertikalen und Querhorizontalen. Zunächst haben wir diese Bestimmungen ebenso wie das von früheren Untersuchern regelmäßig geschehen ist, bei aufrechter Kopf- und Körperstellung ausgeführt. Auf einzelne Besonderheiten bei diesen Untersuchungen will ich an dieser Stelle nicht eingehen und nur einige Schwierigkeiten der Methodik erwähnen. Die Vp. saß bei diesen Versuchen auf einem Stuhl, und wir hatten nun zunächst versucht, die aufrechte Kopf- und Körperstellung möglichst objektiv durch den Versuchsleiter herstellen zu lassen, um dann den Kopf durch eine gepolsterte Hinterkopflehne und Stirnstütze zu fixieren. Bei den in dieser Art angestellten Versuchen zeigten sich aber sowohl bei Geheimrat Hofmann wie bei mir innerhalb längerer Versuchsreihen immer wieder ganz auffallende plötzliche Sprünge, indem eine Anzahl von Einstellungen hinter einander recht gut übereinstimmten, dann aber innerhalb weniger Einstellungen der konstante Fehler sich erheblich änderte, um wiederum für längere Zeit bei diesem neuen Werte zu bleiben. Vielleicht sind diese eigentümlichen sprunghaften Aenderungen darauf zurückzuführen, daß zu dem Eindruck der vertikalen Richtung verschiedene Kriterien verwandt werden, z. B. die Empfindungen einmal der Kopf-, andererseits der Körperrichtung, wenn beide nach subjektivem Empfinden nicht mit einander übereinstimmen. Das kann gerade bei objektiver Uebereinstimmung der Kopf- und Körperrichtung sehr wohl der Fall sein, da habituelle Kopfneigungen bekanntlich recht häufig sind. In den späteren Versuchen dieser Art haben wir daher die Einrichtung der aufrechten Kopf- und Körperstellung nicht mehr durch den Versuchsleiter nach objektiven Methoden vorgenommen, sondern nach dem subjektiven Empfinden der Vp., daß der Kopf und Körper sich aufrecht und in einer und derselben Richtung befinde; in dieser Stellung erfolgte dann die Fixation des Kopfes ohne Korrekturen durch den Versuchsleiter. Ferner muß vermieden werden, daß die Vp. zu Beginn einer Versuchsreihe noch optische Erinnerungen von Einstellungen im Hellen her hat, die unter dem Einfluß sichtbarer Objekte gestanden haben. Es ließ sich nachweisen, daß kurze Zeit nach der Verdunklung derartige Nachwirkungen von vorhergehenden Helleinstellungen bestehen. Daß die Vertikaleinstellung in einer frontalparallelen Ebene erheblich bestimmter, d. h. mit kleinerem mittleren variablen Fehler erfolgt als die Einstellung der Querhorizontalen, ist schon von älteren

Untersuchern her bekannt. Subjektiv hatten wir das Empfinden, daß man den Eindruck der Vertikalen unmittelbar hat, dagegen die querhorizontale Richtung mehr indirekt als senkrechte zur Vertikalen erschließt.

Während nun die früheren Beobachter bei Bestimmung der Vertikalen sich im allgemeinen begnügt haben, ausschließlich eine frontalparallele Drehungsebene zu benutzen, haben wir unsere Untersuchungen bei aufrechtem Kopf und Körper in gleicher Weise auf Einstellungen der Vertikalen in der Sagittalebene ausgedehnt. Hierbei handelt es sich also darum, die Vertikale zu unterscheiden von einer nach vorn oder nach hinten geneigten Linie. Es zeigte sich gleich, daß diese Unterscheidung, wenn man von der perspektivischen Verkürzung der Linie absieht, recht schwierig ist. Erst nach einiger Uebung vermochten wir wenigstens bei stärkeren Neigungen zu erkennen, ob eine solche mit dem oberen Ende nach vorn oder hinten vorlag. Dabei mußten wir uns aber zunächst immer erst willkürlich bei der Betrachtung eine Neigung der Linie in der einen oder der anderen Richtung vorstellen. Entsprach die tatsächliche Neigung des Glühfadens dieser Vorstellung, so trat nach einiger Zeit der deutliche sinnliche Eindruck dieser Neigung auf; andernfalls wurde die Vorstellung durch längere Betrachtung eher erschwert. Der mittlere variable Fehler für diese Einstellungen der Vertikalen in der Sagittalebene betrug besten Falles etwa 3°, während er bei den vorhin beschriebenen Einstellungen in der Frontalebene ⅓ bis höchstens ½° ausmachte. Die hohen Schwankungswerte nach der Tiefe zu erscheinen besonders auffallend im Vergleich zur Feinheit der binokularen Tiefenempfindung, für die der erforderliche Disparationswinkel bekanntlich nur Bruchteile einer Minute beträgt. Wenn auch nach noch nicht veröffentlichten Untersuchungen, die ich mit Herrn Dr. P. A. Jaensch angestellt habe, die Tiefensehschärfe unter dem Einfluß verschiedener Umstände wesentliche Aenderungen erfahren kann, so steht doch die große Unsicherheit bei der Vertikaleinstellung in einer Sagittalebene zu jenen Werten in gar keinem Verhältnis. Offenbar kommt es hierbei in erster Linie nicht auf die binokulare Tiefenempfindung an. Unsere analogen Versuche in Rücken- und Bauchlage, auf die ich nachher zu sprechen kommen werde, haben denn auch gezeigt, daß die Bestimmtheit der Einstellungen parallel geht der Genauigkeit unserer Orientierung über unsere Kopf- und Körperlage.

Bevor ich zur Besprechung der dahingehenden Versuche komme, will ich jetzt eingehen auf die Bestimmungen der vertikalen Richtung nicht bei aufrechtem Kopf und Körper, sondern bei geänderter Körperlage. Um zunächst ausschließlich den Einfluß der Körperlage zu prüfen und die Kopfstellung dabei unverändert halten zu können, haben wir die Einstellungen in der Frontalebene ausgeführt

einmal in aufrecht sitzender Körperhaltung mit 45° abwärts geneigtem Kopf, andererseits in Bauchlage mit um 45° erhobenem Kopf. Zur Kontrolle der Kopfneigung wurde ein Beißbrettchen mit daran angebrachtem Lot und Gradeinteilung benutzt. Die Resultate in beiden Fällen weichen nicht erheblich von einander ab; der mittlere variable Fehler ist aber in beiden deutlich größer als bei aufrechter Kopfhaltung. Daraus scheint hervorzugehen, daß es zur Beurteilung der Vertikalrichtung nicht sowohl auf die Körperlage als auf die Kopfstellung ankommt.

Besonderes Interesse bieten nun unsere Versuche in Rückenlage. Es sind dies unsere ältesten Versuche, und wir hatten damit begonnen, an dem über der liegenden Vp. befindlichen, in der Horizontalebene drehbaren Glühdraht die scheinbare Längsrichtung des Kopfes und Körpers einzustellen, nachdem Kopf und Körper vorher möglichst genau in eine Richtung und die Drehungsachse des Glühdrahtes in die Medianebene des Körpers gebracht war. Hier machte ich nun schon in den allerersten Versuchen die eigentümliche Erfahrung, daß die horizontal über mir befindliche Leuchtlinie nach einiger Zeit sich allmählich immer mehr aufzurichten schien, so daß schließlich das kopfwärts befindliche Ende im Raume oben erschien und ich den Eindruck eines herabhängenden Lotes hatte, das sich senkrecht über meinem Bauch befand. Gleichzeitig hatte ich das Gefühl, als ob mein — tatsächlich horizontal lagernder — Kopf zusammen mit den Schultern etwas gehoben wäre. War diese Vorstellung eines herabhängenden Lotes einmal ausgebildet, was willkürlich durch lebhaften Wunsch unterstützt werden konnte, so hatte ich davon einen ganz deutlichen sinnlichen Eindruck. Dieser hielt meistens einige Zeit an, verschwand aber sofort, wenn z. B. infolge zu hellen Glühens des Drahtes irgend ein bekannter Gegenstand in der Umgebung sichtbar wurde oder wenn durch Druck auf der Unterlage irgend welche Sensationen auftraten, die mir über die tatsächliche horizontale Stellung meines Kopfes Aufschluß gaben. Gerade dieser letzte Faktor war praktisch in längeren Versuchsreihen sehr schwer auszuschalten; der Eindruck war dann wechselnd bald mehr der einer Vertikalen, bald mehr der einer horizontalen oder schräg geneigten Linie. Das geschilderte Phänomen war übrigens nur bei mir ausgeprägt; Geheimrat H o f m a n n hat es oft, aber immer vergeblich versucht, in Rückenlage von der horizontal über ihm befindlichen Linie den Eindruck einer Vertikalen zu bekommen. Bei mir selbst war dagegen die sinnliche Deutlichkeit dieses Eindruckes auch objektiv nachweisbar, indem ich während ihrer Dauer die Glühlinie wesentlich bestimmter, d. h. mit kleinerem mittleren variablen Fehler einstellte, als wenn mir die Linie schräg oder horizontal erschien. Der mittlere variable Fehler ging im ersteren Falle in kürzeren Versuchsreihen auf rund ¾° zurück,

während ich ohne den Vertikaleindruck in derselben Rückenlage die Körperlängsrichtung mit etwa $1\frac{1}{2}^{0}$ mittl. variablen Fehler einstellte. Im Vergleich zur Einstellung der Vertikalen bei aufrechtem Kopf und Körper war allerdings dieselbe in Rückenlage bei mir wesentlich unbestimmter; denn im ersteren Falle hatten wir bei uns beiden einen mittleren variablen Fehler von nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}^{0}$ gefunden.

Ich habe bisher von Versuchen derjenigen Art gesprochen, die wir eingangs als optische Orientierung im Raum bezeichnet haben, in erster Linie Bestimmungen der scheinbaren vertikalen Richtung bei verschiedener Kopf- und Körperstellung. Ich komme nunmehr zu demjenigen Teil unserer Versuche, der sich mit den Beziehungen einer bestimmten Richtung zu den scheinbaren Hauptebenen unseres Körpers befaßt, also dem Gebiet der egozentrischen optischen Lokalisation. Hier handelt es sich zunächst um Einstellungen der scheinbaren Längsrichtung von Kopf und Körper bei Rücken- und Bauchlage. Wegen der Kürze der mir zur Verfügung stehenden Zeit will ich hier hauptsächlich nur auf diejenigen Versuche eingehen, bei denen sich Kopf und Körper in einer und derselben Richtung befand. Anfangs haben wir diese Einstellung in eine Richtung wieder möglichst objektiv durch den Versuchsleiter vorgenommen, sind aber wegen ähnlicher Schwierigkeiten, wie ich sie vorhin bei Schilderung der Einstellung der Vertikalen besprochen habe, später auch hier dazu übergegangen, die Vp. selbst im Dunkeln ihren Kopf und ihren Körper subjektiv möglichst genau in eine Richtung bringen zu lassen und diese Stellung dann für die Dauer der Versuchsreihe zu fixieren. Zur Fixation des Kopfes bei Rückenlage benutzten wir entweder ein gut ausgepolstertertes dreiwandiges Holzgestell oder ein Beißbrettchen. Bei Bauchlage war das Beißbrettchen für die Vp. sehr unbequem, wir verwendeten daher lieber einen gepolsterten Stirnbügel und eine gepolsterte Kinnstütze. Da die anfangs benutzte Filzpolsterung bei längeren Versuchsreihen doch noch Beschwerden machte, so haben wir schließlich als möglichst bequemes Kissen die mäßig aufgeblasene Recklinghausen'sche Manschette eines Riva-Rocci'schen Blutdruckapparates in den Stirnbügel eingelegt. Auf die Vermeidung von Seitwärtsdrehungen des Kopfes mußte besonders geachtet werden, weil sofort erhebliche Fehler in der Einstellung auftraten, wenn die Vp. den Glühdraht nicht mehr median gerade vor sich sah. Vor jeder Versuchsreihe wurde daher durch Lotung festgestellt, daß der Drehpunkt des Glühdrahtes sich gerade mitten über bzw. unter der Nasenwurzel der Vp. befand. Auf den Umstand, daß ich selbst die über mir befindliche horizontale Leuchtlinie bei längerer Betrachtung häufig als Vertikale sah, habe ich schon vorhin hingewiesen. Weitere Einzelheiten unserer Ergebnisse will ich hier nicht ausführen, da wir an anderer Stelle darüber berichten werden. Das wichtigste ist, daß wir eine sehr viel

geringere Bestimmtheit der Einstellung von Kopf- und Körperlängsrichtung gefunden haben als bei Einstellung der Vertikalen bei aufrechter Kopf- und Körperhaltung. Zwischen den Versuchsergebnissen bei Rücken- und bei Bauchlage besteht insofern ein deutlicher Unterschied, als der mittlere variable Fehler in Bauchlage erheblich kleiner ist als in Rückenlage, wenn er auch nicht entfernt die kleinen Werte erreicht, die wir bei Einstellung der Vertikalen in aufrechter Kopfhaltung gefunden haben.

Was zeigen uns nun diese Ergebnisse? Die Abbildung des Glühdrahtes auf der Netzhaut muß in allen 3 Fällen dieselbe sein, ob wir bei aufrechter Kopfhaltung die Vertikale einstellen, oder in Rückenlage die über uns bzw. in Bauchlage die unter uns befindliche horizontale Linie in die Längsrichtung des Körpers zu drehen suchen. Die verschiedenen Ergebnisse können also durch die Abbildungsverhältnisse nicht bedingt sein. Verschieden in den 3 Fällen ist einzig und allein die Lage des Kopfes und Körpers. Unsere Versuche zeigen, daß die Bestimmtheit unserer optischen Orientierung im Raum abhängig ist von dem Bewußtsein über die Stellung unseres Kopfes; sie ist außerordentlich fein für die Erkennung der Vertikalen als Mittelstellung zwischen Rechts- und Linksneigung und zwar am größten bei aufrechter Kopf- und Körperhaltung. Wenn die Einstellungen im Liegen mit erhobenem Kopf in Bauchlage besser sind als in Rückenlage, so mag das darauf zurückgeführt werden, daß es für unsere Orientierung über unsere Kopfstellung nicht nur auf das statistische Organ ankommt, sondern auch auf die Empfindungen von Seiten der Hautsinnesorgane an der Unterlage und die kinaesthetischen Empfindungen. Die an sich viel unsichere Unterscheidung der Vertikalen bzw. Horizontalen von einer nach der Tiefe zu geneigten Linie ist wiederum am besten möglich bei aufrechter Kopf- und Körperhaltung, wesentlich schlechter bei Bauchlage und am ungünstigsten bei Rückenlage. Aber nicht nur für die optische Orientierung über die physikalischen Richtungen im Raum, auch für die egozentrische Lokalisationsweise sind die Abbildungsverhältnisse auf der Netzhaut allein nicht maßgebend. Die Längsrichtung des Kopfes und Körpers im Liegen wird einmal weit unbestimmter eingestellt als die Vertikale bei aufrechter Kopfhaltung, andererseits ist die Erkennung in Bauchlage leichter als in Rückenlage. Dieser letzte Unterschied kann nur durch eine verschiedene Deutlichkeit der Sensationen über unsere Kopf- und Körperlage erklärt werden. Offenbar haben wir — vielleicht auch infolge des gewohnheitsmäßigen Ueberwiegens der Rückenlage — von den rückwärtigen Teilen unseres Körpers und Kopfes weniger deutliche Sensationen als von den vorderen. Die Frage, ob hierbei neben den Empfindungen von Seiten des statischen Organes und der Hautsinnesorgane auch solche des sog. Muskelsinnes mitspielen, haben

wir zu prüfen versucht durch Versuche in Bauchlage mit aufliegendem und frei gehaltenem Kopf; einen wesentlichen Unterschied in beiden Fällen haben wir nicht feststellen können. Die endgültige Entscheidung dieser Frage muß jedoch anderen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Zum Schluß noch einige kurze Bemerkungen über Einstellungen der Längsrichtung von Kopf und Körper im Liegen, wenn beide sich nicht in derselben Richtung befinden. Bei diesen Versuchen kam es also darauf an, entweder den Kopf allein oder den Körper allein seitwärts zu neigen. Bei Neigungen des Kopfes mußte besonders darauf geachtet werden, daß sie um eine vertikale Drehungsachse geschahen, die durch die Mitte der Nasenwurzel und durch den Drehpunkt der Leuchtlinie ging, damit die Blickrichtung nicht verändert wurde. Zu diesem Zwecke konstruierten wir uns eine besondere Anordnung, die ich Ihnen hier aufgestellt habe. (Demonstration!) Die Ergebnisse dieser Versuche sind kurz folgende: Kopfneigungen allein gegen eine Schulter werden im allgemeinen etwas unterschätzt. In längeren Versuchsreihen dieser Art gleicht sich allmählich die scheinbare Körperrichtung der Kopfrichtung an, so daß schließlich beide fast wieder in gleicher Richtung zu liegen scheinen. Dem entspricht, daß die Neigungsempfindunge am Hals allmählich zurückgeht. Körperneigungen allein werden meist bedeutend unterschätzt, und die scheinbare Kopfrichtung ändert sich dabei nur wenig im Sinne der Körperneigung. Die Einwirkung der Kopfrichtung auf die scheinbare Körperrichtung ist also größer als umgekehrt die Einwirkung der Körperrichtung auf die scheinbare Kopfrichtung.

Manuskript eingegangen am 22. 2. 23.

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg

Nr. 2 März 1923

Uhlenhuth:

Forschungsergebnisse aus dem Gebiete der experimentellen Therapie.

I. Schweinepest. II. Tuberkulose.

Die experimentelle Therapie basiert auf dem Tierexperiment. Und dieses gibt nirgendwo klarere Fragestellungen und präzisere Antworten wie bei den Tierseuchen. Wollen wir in der Erforschung der menschlichen Seuchen Fortschritte erzielen, so ist es das erste Bestreben des Forschers, diese auf Tiere zu übertragen. Leider gelingt dies bei den meisten Seuchen nicht oder nur in unvollkommener Weise, sodaß wir da oft nur mühsam vorwärts kommen.

In dieser Hinsicht ist die experimentelle Beschäftigung mit den Tierseuchen befriedigender; aber das nicht allein, sie ist auch dringend notwendig, weil sie vielfach wertvolle Grundlagen liefert für die Erkenntnis des Wesens und der Bekämpfung menschlicher Infektionskrankheiten. So kommt es, daß zahlreiche Tierseuchen gerade von Humanmedizinern erforscht sind, wie vor allem die Arbeiten von Robert Koch und Loeffler (Milzbrand, Rotlauf, Rotz) beweisen. So habe ich mich denn auch mit diesen Seuchen vielfach beschäftigt. Mit Loeffler habe ich die Maul- und Klauenseuche erforscht und ein Serum hergestellt, das sich in der Praxis hervorragend bewährt hat. Mit zahlreichen Mitarbeiteru habe ich seit Jahren die Schweinepest studiert, eine Seuche, die jetzt besonders bösartig aufgetreten ist, und deren Bekämpfung gerade in dieser Zeit der drohenden Hungersnot für die Ernährung unseres schwergeprüften Volkes eine große Bedeutung gewonnen hat.

Das Gleiche gilt für die Tuberkulose, die infolge der Hungerblockade nicht nur unter den Menschen unheimlich zugenommen, sondern auch unter den Viehbeständen schwere wirtschaftliche Opfer gefordert hat.

I. Die neueren Forschungs- und Bekämpfungsergebnisse bei der Virusschweinepest.

Die Schweinepest wird hervorgerufen durch ein filtrierbares Virus, wie zuerst von amerikanischen Forschern (de Schweinitz, Dorset n. a.) ermittelt wurde und in Deutschland von Ostertag und von mir und meinen Mitarbeitern bestätigt wurde.

Der bisher als Erreger der Schweinepest angesprochene Bazillus suipestifer ist also nicht der eigentliche Erreger der Schweinepest, sondern spielt nur die Rolle eines sekundären Begleitbakteriums. Er ist, ebenso wie andere ihm verwandte Bakterien der Paratyphusgruppe, auch von uns im Kot und besonders in den inneren Organen schweinepestkranker Tiere häufig in Reinkultur gefunden.

Die auffallende Tatsache, daß der B. suipestifer, trotzdem er als Erreger der Pest nicht anzusehen ist, so oft in den Organen schweinepestkranker Tiere gefunden wird, brachte uns auf die naheliegende Idee, daß er ein Bewohner des normalen Schweinedarms sein müsse. Diese Annahme wurde durch unsere systematischen Untersuchungen bestätigt, indem es uns gelang, unter 600 Schweinen ihn in 8,4 $^0/_0$ der Fälle aus dem Kot herauszuzüchten, ein Befund, der durch Grabert und andere vollinhaltlich bestätigt wurde. Sein häufiges Vorkommen in den Organen schweinepestkranker Schweine kann nur so erklärt werden, daß das filtrierbare Virus als eigentliche Ursache der Krankheit den Körper so schädigt, daß er vom Darm aus einwandert und sich im Körper des Schweines anreichert und auch auf den Verlauf und Ausgang der Schweinepest einen ungünstigen Einfluß ausübt.

So hat auch die ursprüngliche ätiologische Bedeutung des B. suipestifer eine plausible Erklärung gefunden, zumal, wenn man außerdem berücksichtigt, daß es nach unseren Untersuchungen vielfach gelingt, nach Impfung dieser Bazillen auf gesunde Schweine eine der Schweinepest in klinischer und anatomischer Beziehung gleichende Krankheit mit Darmgeschwüren zu erzeugen. Doch handelt es sich bei dieser experimentellen Infektion um eine den Symptomen nach zwar ähnliche, dem Wesen aber von ihr verschiedene Krankheit, denn sie ist wenig ansteckend, das filtrierte Blut der durch Kulturen dieses Bazillus infizierten Schweine ist nicht infektiös und nach Überstehen der Infektion tritt kein Schutz wie bei der Schweinepest ein.

Neuerdings ist wieder eine solche mit Entzündungen des Magendarmkanals einhergehende durch diesen Bazillus hervorgerufene Krankheit der Ferkel beobachtet und als Paratyphus der Ferkel beschrieben worden. Auf diese und ähnliche Para-

siten, wie sie von Gläßer, Pfeiler und Dammann u. a. beschrieben sind, kann ich hier nicht näher eingehen. Sie spielen eine beachtenswerte Rolle, insofern, als sie Krankheitsbilder erzeugen, die den Unkundigen zu Verwechslungen mit der Virusschweinepest verleiten könuen.

Nach Feststellung der Bedeutung des filtrierbaren Virus auch bei der deutschen Schweinepest haben wir dann eingehende Untersuchungen angestellt über die Natur des Virus und seine biologischen Eigenschaften, seine Wirkung auf verschiedene Tiere, die Art der Invasion, die Ausbreitung im Tierkörper, die Ausscheidung aus demselben sowie über die Haltbarkeit und die Widerstandsfähigkeit des Virus innerhalb und außerhalb des Körpers, über Resistenz gegen physikalische und chemische Eingriffe, über die Verbreitungsweise der Krankheit und schließlich über die Frage der Immunität, Serumherstellung, Schutz- und Heilwirkung des Serums und seine Anwendung (allein oder als Simultanimpfung) in der Praxis.

Die Ergebnisse dieser Arbeiten [1]), an denen sich meine Mitarbeiter Haendel, Hübener, Xylander (†), Gildemeister, Schern, Bohtz und Böing im Reichsgesundheitsamt in hervorragender Weisse beteiligt haben, sind durch die Forschungen in Amerika (Boxmeyer, Dorset u. a.) und Ungarn (Hutyra und Mitarbeiter) ergänzt und erweitert worden, zum Teil anch neuerdings von uns selbst in Gemeinschaft mit Prof. Mießner und Dr. Geiger wieder aufgenommen. Ich möchte die wichtigsten Ereignisse hier berichten.

Nach unseren und Wassermanns Versuchen schien eine Anreicherung des Virus in normalem Schweineserum (Blut) gelungen zu sein, doch waren weitere, ebenso von Hutyra modifizierte zahlreiche Versuche ohne Erfolg. Von den im Jahre 1913 in einer vorläufigen Mitteilung von Pfeiler und Lentz ohne nähere Angaben veröffentlichten gelungenen Züchtungsversuchen hat man nichts weiter gehört. Auch durch scharfes Zentrifugieren und gleichzeitige Adsorption an Tierkohle, Kieselgur und Oel konnten wir eine Konzentration oder Anreicherung des Virus nicht erzielen. Neuerdings sind von uns sowie von Rüther und King im Darm, in der Galle und in den inneren Organen, besonders den Nieren, verschiedenartige korkzieherförmig gewundene schräubchenartige Gebilde — Spirochäten — gefunden (Demonstration). King, der sie im Blut gefunden und gezüchtet haben will, glaubt, daß sie, in feinste Körnchen zerfallend, und so den Berkefeld-Filter passierend in ursächlichem Zusammenhang mit der Schweinepest stehen (sp. suis). Seine

1) Arbeiten aus dem Reichsges.-Amt. Bd. 27, 30, 47.

Experimente sind aber nicht beweisend. Wir sind der Ansicht, daß diese gelegentlich gefundenen Spirochäten normale Bewohner des Schweinedarms sind (Hitz, Thieme, Gläßer), die — wie der B. suispestifer — sekundär in die Organe einwandern.

In den Zellen der eitrig entzündeten Augenbindehäute fanden wir vielfach schon im ersten Beginn der Krankheit Haufen von feinsten Körnchen (Chlamydozoen), wie sie ähnlich bei der ägyptischen Augenkrankheit des Menschen (Halberstädter, Provazek) nachgewiesen und von einigen Autoren als Erreger dieser Krankheit angesprochen worden sind. Wir möchten uns aber zunächst dahin aussprechen, daß es wahrscheinlich Zellreaktionsprodukte sind und daß die Parasitennatur und die ätiologische Bedeutung dieser Gebilde noch zweifelhaft ist, wenn es auch durchaus möglich ist, daß diese feinen Gebilde die Filter passieren.

Die Versuche, die Schweinepest auf andere Tiere zu übertragen, sind bisher erfolglos geblieben.

Verbreitung und Ausscheidung des Virus. Das Virus findet sich im Blut und in allen Organen des infizierten Tieres und wird durch das eitrige Sekret der Augen, der Nase sowie den Pusteleiter der Haut, den Kot und vor allem den Urin ausgeschieden. Es genügen nach unseren Versuchen schon außerordentlich geringe Mengen, um von der Augenschleimhaut oder der skarifizierten Haut aus Schweinepest zu erzeugen und von Tier zu Tier zu übertragen. Die Tiere zeigten dann frühestens am 4.—5. Tage Fieber und zwischen dem 7. und 10. Tage die ersten Anzeichen der Krankheit.

Reichel will durch ständige Ferkelpassage eine konstante Virulenzsteigerung des Virus erreicht haben, das am 5. oder 6. Tage die ersten Krankheitserscheinungen erzeugte und bereits am 7. oder 8. Tage den Tod herbeiführte (virus fixe).

Natürliche Infektion. Unter natürlichen Verhältnissen erfolgt die Aufnahme des Virus hauptsächlich vom Maul aus mit der Nahrung. Da nach unseren Untersuchungen in erster Linie der Urin das krankmachende Virus enthält, so dürfte in der Praxis diese Art der Übertragung eine ausschlaggebende Rolle spielen, wobei auch den Schleimhäuten der Augen und der Nase, die ja beim Fressen in innige Berührung mit dem Futter kommen, eine wichtige Bedeutung zuzuerkennen ist. Da nach unseren Untersuchungen das Nasensekret, das Augensekret und der Pusteleiter der Haut äußerst infektiös sind, so ist es erklärlich, daß die Krankheit durch kleine Risse der Haut oder gar die unverletzte Schleimhaut leicht übertragen werden kann. Jedenfalls erkranken Ferkel, zu pestkranken Tieren zugesetzt, so gut wie regelmäßig, und zwar um so schneller, je mehr kranke Tiere sich im Stalle befinden.

Das Virus kreist schon ganz im Beginn der Krankheit im Körper und wird ausgeschieden. Der Urin kann am 1.—3., der Kot am 1.—2., Augen- und Nasensekret am 1.—2. Tage nach der künstlichen Infektion, also noch bevor das Tier eigentlich krank ist, infektiös sein (Dorset). Tiere, die die Krankheit überstanden und sich gut erholt haben, sind nach den bisherigen Beobachtungen (Hutyra) 3 Tage nach der Entfieberung frei von Virus, während Blut und Ausscheidungen von Ferkeln, die zu „Kümmerern" geworden sind, das Virus in ihrem Körper beherbergen können und damit eine große Gefahr für ihre Umgebung darstellen.

Die Mögliehkeit, daß auch noch Zwischenträger, z. B. Läuse eine Rolle spielen, ist nicht auszuschließen, aber weder durch unsere noch durch die Arbeiten amerikanischer Forscher erwiesen. Dahingegen gelang es den Amerikanern, durch den Stich der Stechfliege und Fütterung infizierter Stubenfliegen die Krankheit künstlich zu übertragen. Das ist an sich nicht wunderbar, da schon die geringsten Mengen von Virus zur Infektion genügen; konnte doch auch in unserem Institut in Marburg festgestellt werden, daß durch Stich einer Nadel die Krankheit von einem kranken auf ein gesundes Schwein übertragen wurde (Geiger).

Unter natürlichen Verhältnissen möchte ich bei den sonstigen leichten Übertragungsmöglichkeiten der Mitwirkung der Insekten und sonstiger Zwischenträger keine erhebliche Bedeutung beimessen.

Die Hauptrolle bei der Verbreitung spielt das lebende kranke oder infizierte Schwein und seine Ausscheidungen. Auf die indirekte Verschleppung durch Personen (Kastrierer) oder Gegenstände, wie Stallgerätschaften, Transportmittel, Händlerställe, Futtermittel, Kadaver, Fleisch, will ich hier nicht näher eingehen.

Lebens- und Widerstandsfähigkeit des Virus. Die Lebens- und Widerstandsfähigkeit des Virus außerhalb des Organismus ist ziemlich erheblich. Durch 4—6 Monate langes Aufbewahren virushaltiges Flüssigkeit bei Zimmer- und Eisschranktemperatur wird das Virus nicht abgetötet und hält sich sogar in gefrorenem Zustande bis zu drei Monaten im Frigo-Apparat, was für die Praxis von Bedeutung sein dürfte. Entsprechend hält sich das Virus auch im Fleisch, das bei niederer Temperatur in Kühlräumen gehalten wird, lange lebensfähig und virulent. Auch gegen Austrocknung und gegen Einwirkung des direkten Sonnenlichtes (5—9 Stunden) ist es verhältnismäßig resistent, ebenso gegen Luftabschluß. Durch zweistündiges Erwärmen auf 58° C. wurde virushaltiges Serum nicht unwirksam gemacht. Einstündiges Erwärmen bei 72 bzw. 78° tötet

das Virus in flüssigem Zustande im Serum ab; im eiweißfreien Medium (virushaltiger Urin) wurde das Virus bereits nach einstündiger Erwärmung auf 65⁰ und 58⁰ zerstört. Diese Beobachtungen sind praktisch von Wichtigkeit, denn wir können annehmen, daß in gut durchgekochtem Fleisch das Virus zugrunde gegangen ist, ebenso in gut gepacktem Dünger. Die Fäulnis schädigt das Virus stark. In Fäulnis übergegangenes Blut und Urin verlieren schnell ihre krankmachende Wirkung. Auch haben wir mit Organsaft von 28, 14 und 8 Tage vergrabenen verfaulten Organen schweinepestkranker Ferkel, deren Blut nach der Schlachtung hochvirulent war, Ferkel nicht mehr krank machen können. Auch im Kot geht nach unseren Feststellungen durch Fäulnis das Virus verhältnismäßig schnell zugrunde.

Resistenz gegen chemische Mittel. Das Virus zeichnet sich gegenüber den gewöhnlichen Desinfektionsmitteln, wie Karbol, Sublimat durch eiae große Widerstandskraft aus, dagegen töten 6 % Kresolseifenlösung und Chlorkalk in 20 %iger Lösung in einer Stunde das Virus im Blut (im eiweißfreien Urin entsprechend schneller) ab. Die Anwendung eines dieser Mittel ist dementsprechend durch die „Anweisung für das Desinfektionsverfahren bei Viehseuchen" für die Schweinepest vorgeschrieben.

Immunität. Eine natürliche, angeborene Immunität haben wir bei unseren zahlreichen Versuchen nicht beobachtet; wenn sie überhaupt vorkommt, gehört sie zu den seltenen Ausnahmen. Wenn ältere Tiere in durchseuchten Gegenden vielfach eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Ansteckung zeigen, so ist das die Folge einer überstandenen, evtl. auch leichten, unbemerkt gebliebenen Erkrankung.

Daß das Überstehen der Schweinepest eine ausgesprochene Immunität hinterläßt, war schon früher, und zwar von ungarischen und amerikanischen Landwirten beobachtet worden, die zur Zucht mit Vorliebe Tiere aus durchseuchten Beständen einstellten. Aber erst nachdem die wahre Ursache der Schweinepest in dem filtrierbaren Virus erkannt war, konnte diese Frage experimentell geklärt werden, und da konnte von den amerikanischen Forschern und dann unabhängig davon in Deutschland zuerst von uns[1]) und dann von Ostertag sowie in Ungarn von Hutyra u. a. gezeigt werden, daß Tiere, die die Schweinepest durchgemacht hatten, nach natürlicher oder künstlicher Infektion mit dem filtrierbaren Virus

---

1) Vortrag auf der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Dresden, 17. IX. 1907 und 14. internationaler Hygiene-Kongreß, Berlin, 26. IX. 1907; Berlin, Tierärztl. Wschr. 1907 Nr. 44.

nicht erkrankten. Hierdurch war die Möglichkeit gegeben, durch Nachahmung der natürlichen Verhältnisse eine künstliche Immunität zu erzeugen.

Wir gingen ebenso wie die Amerikaner sofort und unabhängig von ihnen daran, diese Tatsache praktisch auszunutzen. Dabei zeigte sich zunächst, daß das Blutserum von Schweinen, die die natürliche Krankheit überstanden hatten, also das Rekonvaleszentenserum, noch nicht genügend Schutzstoffe besaß, um in der Praxis befriedigende Erfolge zu erzielen. Es mußten daher Schweine, die die natürliche oder künstliche Infektion überstanden hatten, weiter systematisch mit steigenden Dosen von Virus hochgetrieben werden. Da man das Virus nicht züchten kann, so blieb nichts anderes übrig, als zu den Immunisierungsversuchen Blut, Organsaft oder Urin von pestkranken Tieren zu benutzen. Alle Versuche, von anderen Tierarten (Pferd, Esel, Rind, Hammel, Ziege, Kaninchen) brauchbare Immunsera zu erhalten, schlugen fehl.

Ohne auf die Technik näher einzugehen, sei besonders erwähnt, daß sich nach unseren Versuchen der filtrierte Urin kranker Schweine, der während des Lebens in besonderen Käfigen aufgefangen wird und in großen Mengen eingespritzt werden kann, sich ausgezeichnet zur Immunisierung eignet. Sind die Tiere dann hochgetrieben, was durch langsam, bis zu einnm Liter steigende Dosen oder auch durch einmalige Einspritzungen von etwa 1 Liter Blut (die sog. Schnellmethode der Amerikaner) geschehen kann, so erfolgt die wiederholte Blutabnahme aus dem Schwanz, am besten mit Hilfe eines aufgesetzten Schröpfkopfs, der mit einem Vakuum verbunden ist, indem jedesmal ein Stück vom Schwanz abgeschnitten wird. Die Zahl der Blutabnahmen richtet sich also nach der Länge des Schwanzes. Schließlich wird das Schwein durch Halsstich entblutet. Man gewinnt so von einem Schwein etwa 6—7 Liter Serum. Das Serum, das mehr oder weniger keimhaltig ist, wird mit Karbol versetzt. Das Fleisch solcher Tiere ist vollkommen genußtauglich und kann dem freien Verkohr übergeben werden, denn wie wir feststellten, sind selbst große Mengen Virus, die einem so immunisierten Schwein eingespritzt werden, schon nach einigen Stunden aus dem Körper wieder ausgeschieden.

Die Wirksamkeit eines einwandfreien Schweinepestserums ist geradezu verblüffend.

Nimmt man 20 Ferkel, impft 10 mit entsprechenden Dosen des Serums und läßt 10 ungeimpft oder spritzt sie mit normalem Schweineserum ein und setzt sie in einen Stall mit schwerkranken Schweinen zusammen, so kann man ganz sicher sein, daß die ungeimpften Tiere erkranken und nach etwa 2—3 Wochen an Schweinepest verendet sind, während die geimpften Tiere, auch

wenn man immer wieder kranke zusetzt und sie immer wieder Virus aufnehmen, gesund bleiben.

So ist man in der Lage, die Wertigkeit des Serums genau zu besimmen, und das muß geschehen, ehe man es für die praktische Verwendung abgibt, wenn es auch bis jetzt noch nicht staatlich vorgeschrieben ist. Die Wirksamkeit des Serums kann als ausreichend angesehen werden, wenn bei Ferkeln von 10 kg die Einspritzung von 10—15 ccm die Tiere 4—6 Wochen im Seuchenstall vor der Erkrankung schützt, während die Kontrolltiere erkrankt oder gestorben sind.

Es kann nicht eindringlich genug betont werden, daß das Schweinepestserum ein Schutz- und nicht ein Heilserum ist, wie etwa das Rotlaufserum. Eine gewisse Heilwirkung kommt (nach Hutyra) nur in den ersten (4—6) Tagen in Frage, sofern außer dem Fieber noch keine offensichtlichen Krankheitserscheinungen bestehen. Spätere Einspritzungen (am 9. 12.—15. Tage), auch großer Dosen, sind ohne Erfolg. Das is,t ein Naturgesetz, dessen Beahtung für die praktische Anwendung die Voraussetzung ist. Also frühzeitige Anwendung hochwertigen geprüften Serums in genügender Menge. Von der Menge und Hochwertigkeit des Serums ist auch die Dauer des Schutzes abhängig, der natürlich so lange währt, wie das Serum im Körper kreist.

Wir konnten aber beobachten, daß Tiere, die mit kranken zusammen im Seuchenstall dauernd sitzen bleiben, überhaupt nicht sichtbar erkranken und in vielen Fällen für ihr ganzes Leben immun sind. Man muß annehmen, daß die Tiere, die unter dem Serumschutz stehen, fortgesetzt kleine Mengen von Virus im Stalle aufnehmen, die genügen, um eine leichte fieberhafte Reaktion zu erzeugen, wodurch die Tiere in denselben immunen Zustand versetzt werden, als ob sie eine offensichtliche Krankheit überstanden hätten.

Serumanwendung in der Praxis. Was nun die Serumanwendung in der Praxis betrifft, so liegen die Verhältnisse hier häufig anders, wie in den Versuchsstallungen, denn wenn die Seuche erkannt wird, ist oft schon eine große Anzahl von Schweinen krank oder infiziert. Da das Serum in erster Linie ein Schutzserum ist, so wird es natürlich im allgemeinen nur bei den noch nicht kranken Tieren helfen; daraus ergibt sich die Notwendigkeit, stets mit Sorgfalt seinen Schweinebestand zu beobachten und bei dem geringsten Verdacht einer Erkrankung den Tierarzt zuzuziehen. Die Sicherung der Diagnose ist natürlich die Voraussetzung für den Erfolg, denn das Schweinepestserum schützt natürlich nur gegen Schweinepest nicht aber gegen den Paratyphus der Ferkel usw.

Es sind dann sofort alle offensichtlichen Kranken und die „Kümmerer“ abzuschlachten, alle noch gesunden und nicht sichtbar kranken Tiere mit der nötigen Serummenge zu spritzen. Um die ersten Zeichen der Erkrankung zu erkennen, ist es notwendig, bei allen Tieren die Temperatur aufzunehmen. Ist sie normal, so erhalten die Tiere die gewöhnliche Serummenge, haben sie über 45,5 ^{0}, so erhalten sie die 2—3fache Serummenge und evtl. nach einigen Tagen noch einmal. Im übrigen empfiehlt es sich, die Tiere in den verseuchten Stallungen zu belassen, um ihnen Gelegenheit zu geben, Virus aufzunehmen und dadurch einen aktiven Schutz zu erwerben.

Wenn nötig, wird die Impfung noch einmal wiederholt.

Nach den übereinstimmenden Erfahrungen ist der Erfolg der Impfungen am günstigsten in Beständen, in denen die Seuche akut aufgetreten ist und wo die Imfung sofort beim ersten Beginn des Ausbruches vorgenommen wird. In Beständen, in denen die Seuche schon einige Zeit herrscht und einen großen Teil der Tiere befallen hat, wenn sie auch noch nicht offensichtlich krank sind, kommt die Impfung zu spät. Die Impfung verspricht eefahrungsgemäß im allgemeinen nur dann Erfolg, wenn nicht über 10—20 % erkrankt sind (Köves). In Fällen, wo bereits 30—50 % und mehr Tiere erkrankt sind, ist ein Erfolg von vornherein nicht zu erwarten.

Vor kurzem konnten wir zusammen mit Dr. Dietrichs und Baars in einem großen Bestande von 400 Schweinen in der Nähe von Neuhaldensleben, wo gleich bei Beginn geimpft wurde, die Seuche sofort zum Stehen zu bringen, indem kein Tier mehr erkrankte, während in einem anderem Bestande, wo die Seuche weit vorgeschritten und etwa 40—50 % der Tiere infiziert waren, ein nennenswerter Erfolg nicht erzielt werden konnte. Über gute Resultate der Serumimpfung in Deutschland berichteten weiterhln auch Ostertag, Stadie und Räbiger, Spitzer, Stock, Pfeil, Zingle.

Besonders in Amerika und in Ungarn, wo die Serumimpfung in großem Maßstabe durchgeführt wird, wurden sehr günstige Ergebnisse erzielt.

Simultanimpfung. Mit Rücksicht auf die Tatsache, daß der Serumschutz nur begrenzt ist und daß nach Ablauf von sechs Wochen die Tiere wieder erkranken können, sind die Amerikaner zuerst dazu übergegangen, den Schweinen außer dem Serum gleichzeitig an einer anderen Körperstelle eine gewisse Menge Virus einzuspritzen, um dadurch, wie bei Rotlauf, eine latente Infektion zu erzielen, durch welche die Tiere dauernd immun werden sollen. Wir haben bei

Versuchen mit dieser sog. Simultanimpfung in unseren Versuchsstallungen recht wechselvolle Resultate erzielt. Es liegt das daran, daß es außerordentlich schwierig ist, Virus und Immunserum jeweils in richtigem Verhältnis gegeneinander abzustimmen. Es ist immer ein gewisses Plus von Virus nötig, um eine immunisierende Reaktion im Körper auszulösen. Wir haben aber kein Mittel in der Hand, das Virus sowohl wie das Serum schnell innerhalb 24 Stunden gegeneinander auszuwerten. Die Auswertung müßte natürlich schnell erfolgen, dauert aber, da sie an Ferkeln erfolgen muß, mehrere Wocheu. Inzwischen kann sich aber das Virus wieder so geändert haben, daß wir nichts mehr über seine Wirksamkeit aussagen können. Ist das Serum im Vergleich zum Virus zu stark, so wird das Virus vollkommen neutralisiert und es tritt keine aktive Immunität auf. Ist das Virus zu stark, so erkranken die Tiere. Da wir also kein Mittel haben, diese Impfkrankheit zu verhüten, so ist mit der Simultanimpfung eine nicht zu unterschätzende Gefahr der Seuchenverschleppung verbunden, sodaß sie höchstens in schon verseuchten Beständen oder Gebieten in Frage kommen kann. In Amerika, wo die Seuche an sich schon sehr weit verbreitet ist und wo die durch Impfung erzeugte Krankheit keine große Gefahr mehr bildet, wird sie sowohl in gesunden, in gefährdeten, wie in verseuchten Beständen allgemein angewandt; die alleinige Serumimpfung, die allerdings auch gute Ergebnisse zeitigt, findet nur ausnahmsweise Anwendung.

Nach einem Bericht von Dorset aus dem Jahre 1914 betrugen die Verluste in vorher seuchenfreien Beständen unter 19 208 Tieren 0,2 %, in schon verseuchten Beständen unter 234 136 Tieren 13,1 %.

Dorset will mit der Simultanimpfung bessere Ergebnisse erzielt haben, als mit der Serumimpfung, während Schern im Staate Jova anf Grund seiner umfangreichen Erfahrungen die Serumimpfung sowohl in gesunden wie infizierten Beständen bevorzugt. Es konnten im Staat Jova, wo 80 % starben, etwa 50 % gerettet werden.

Hutyra hatte anfangs schlechte Resultate, später waren die Erfolge wesentlich besser. Im Jahre 1910—1914 wurden 24 000 Schweine im Alter von 2½—18 Monaten mit einem Verlust von nur 1,3—2,3 % geimpft und erhebliche Impfverluste überhaupt nur in bereits stärker verseucsten Herden beobachtet. Fast stets wurde aber die Beobachtnng gemacht, daß am 7.—12. Tage nach der Impfung ein beträchtlicher Teil der Herde unter verminderter Freßlust und Mattigkeit ganz leicht erkrankte; gewöhnlich dauerten die Erscheinungen nur 24—48 Stunden, und die Tiere erholten sich rasch wieder. Sonst wurden sie durch nochmalige Serumeinspritzung bekämpft. Immerhin wurde in

pestfreien Gegenden eine Verseuchung der Bestände herbeigeführt, die dann die Sperrung notwendig machte und Anlaß zu weiterer Verschleppung des Ansteckungsstoffes gab.

Trotz der nicht ungünstigen Resultate wollen die Ungarn daher die Simultanimpfung ebenfalls nur in verseuchten Gebieten angewendet wissen.

Wie Hutyra mir kürzlich mitteilte, sind die Erfolge der reinen Serumimpfung in Ungarn derartig günstig, daß die Züchter sich vorläufig vollauf damit begnügen.

In Deutschland dürfte die Simultanimpfung vorläufig nicht durchführbar sein, würde vielmehr an dem Widerstande der Besitzer und der Behörden scheitern, da die Seuchengesetze die aktive Immunisierung mit lebendem Virus in seuchenfreien Beständen nicht zulassen. Immerhin bedarf diese Frage noch eingehenden Studiums, da alle Versuche, Schweine durch abgeschwächtes oder abgetötetes Virus immun zu machen, ergebnislos verlaufen sind. Die Vorteile des durch Simultanimpfung erzeugten dauernden Schutzes sind eben nict zu unterschätzen. Offenbar gelingt es aber nur mit lebendem Virus, den Tieren einen dauernden Schutz zu verleihen.

Um solche Impfungen ungefährlicher zu machen, haben wir Versuche derart ausgeführt, daß wir außer dem intramuskulär eingespritzten Serum einige Tropfen Virus den Tieren ins Auge träufelten. Dadurch haben wir einen wirksamen dauernden Schutz bei den Tieren erzielen können. Es fragt sich aber noch, ob diese Methode sich praktisch verwerten läßt.

Eine Frage, die für den Züchter von höchstem Interesse ist, wäre hier noch kurz zu streifen, nämlich die Frage, ob die Immunität auf die Nachkommen vererbbar ist.

Wir haben uns mit diesem Problem eingehend beschäftigt. Mehrere Sauen, die die Pest überstanden hatten und deren Immunität durch wiederholte Einspritzung von großen Mengen virulenten Materials noch bedeutend gesteigert worden war, wurden von einem ebenso immunisierten Eber gedeckt. Die neugeborenen Ferkel entwickelten sich leidlich, so lange sie in einem verseuchten Stalle die Muttermilch saugten. Nachdem sie abgesetzt waren, erkrankten sie an der Schweinepest.

Wir wissen durch die klassischen Versuche von Ehrlich, daß durch die Muttermilch ein passiver Schutz übertragen wird, der aber nach dem Absetzen bald verschwindet. Die Vererbung der Immunität von einem immunen Eber, wie sie neuerdings von einem Landwirt behauptet wird, kann u. A, nicht in Frage

kommen. Unsere Versuche sprechen dagegen, daß eine Vererbung der Immunität auf die Nachkommen stattfndet[1]).

Das Serum ist das einzige spezifische Mittel, welches wir besitzen, alle bisher empfohlenen chemischen Präparate (Methylenblau, Quecksilber, Arsen usw.) haben bisher versagt. Vorläufig müssen wir an der frühzeitigen reinen Serumimpfung festhalten.

Unter praktischen Verhältnissen kommt sie in Frage

1. in seit kurzem infizierten oder in bedrohten Herden in einer bestimmten Zone um den Seuchenherd herum.

2. Die Hauptgefahr der Verbreitung der Schweinepest bietet der Handel mit Schweinen, besonders auf den großen Schweinemärkten, wo die Schweine aus allen möglichen Gegenden und Beständen zusammenkommen. Sind darunter, wie das häufig vorkommt, infizierte oder latent kranke Tiere, was man ihnen nicht immer ansehen kann, so findet hier und auf dem Transport eine starke Ausbreitung der Seuche statt, die dann in die verschiedensten Gehöfte verschleppt wird, wodurch vielfach wertvolle Zuchten und Mastanstalten vollständig vernichtet werden. Da es nun immer wieder vorkommen wird, daß kranke Tiere und Tiere aus verseuchten Beständen abgegeben werden und in den Handelsverkehr gelangen, so müßte, wenn die Besitzer die Impfung nicht freiwillig vor dem Versand auf den Markt ausführen, an eine zwangsweise Impfung auf den Schweinemärkten gedacht werden, weil die Seuche erfahrungsgemäß immer wieder von den Verkaufsschweinen ihren Ausgang nimmt.

3. Des weiteren scheint es notwendig, beim Ankauf von Schweinen möglichst vorsichtig zu sein. Um von vornherein jede Möglichkeit der Seuchenverschleppung mit Sicherheit auszuschalten, wird man in Zukunft die neu angekauften Schweine vorher mit Serum impfen. Auf diese Weise wird man die Einschleppung auch in Zucht- und Mastanstalten verhüten können. Auch in allen anderen Fällen, wo eine Ansteckungsgefahr der Schweinepest zu befürchten ist, z. B. in Müllverwertungsanstalten, bei Ausstellungen, sollte die Schutzimpfung bei Schweinebeständen vorgenommen werden.

Das Serum ist die wichtigste Waffe gegen die Schweinepest. Es muß nur richtiger Gebrauch davon gemacht und die Impfung richtig organisiert werden, und zwar in Verbindung mit hygienischen und den bestehenden veterinärpolizeilichen Maßnahmen, die allein nicht zum Ziele führen, aber auf deren Innehaltung noch strenger geachtet werden

---

1) Möglich wäre eine Vererbung insofern, als der Fötus im Mutterleibe einer pestkranken Sau die Krankheit durchmachte. Aber die Sauen werden wohl in solchem Zustande meist verwerfen oder die Jungen werden eingehen.

muß. Ich kann darauf hier nicht näher eingehen. Als wichtig möchte ich aber besonders hervorheben, daß die Seuchenausbrüche auch zur amtlichen Kenntnis gelangen und nicht verheimlicht werden, wie das leider erfahrungsgemäß häufig gegeschieht. Von großer Bedeutung ist es auch, daß entsprechende Ermittelungen an Ort und Stelle vom beamteten Tierarzt angestellt werden.

Auch ist eine Belehrung der Landwirte durch Vorträge erforderlich, in denen sie über die Erkennung und die Bekämpfung der Schweinepest eingehend unterrichtet werden.

Dabei muß, wie von berufener Seite mehrfach betont ist, auf die unbegrenzte Mitwirkung der bakteriologischen und hygienischen Institute an den tierärztlichen Hochschulen und Landwirtschaftskammern gerechnet werden, die den Tierärzten bei der Stellung der Diagnose behilflich sein müssen.

Dazu genügt oft nicht die einfache Untersuchung des einhesandten Kadavers, sondern es sind in Verbindung damit Ergebungen an Ort und Stelle notwendig. Das ist wichtig, besonders mit Rücksicht auf die der Schweinepest ähnlichen Erkrankungen, wie Rotlauf, die sog. chronische Schweineseuche, Paratyphus der Ferkel usw., wobei das Serum natürlich nicht helfen kann (s. o.). Auch für Bereitstellung des erforderlichen Serums müßten die Institute Sorge tragen. Sie sollten auch den Tierärzten in Fortbildungskursen die neuesten wissenschaftlichen Ergebnisse der Forschung und Bekämpfung übermitteln.

Denn die Impfung gegen Schweinepest erfordert nun einmal, im Gegensatz zu anderen Krankheiten, besondere Spezialkenntnisse, die sich hauptsächlich auf die Diagnose und die Auswahl der Impflinge erstrecken.

In Amerika ist die Schweinepestbekämpfung in den einzelnen Staaten großzügig organisiert. In jedem Kreis befindet sikh eine besondere Zentrale für die Schweinepestbekämpfung, die mit dem nötigen Personal und Material ausgerüstet ist und die nach Art der Feuerwehr arbeitet. Sobald eine Meldung einläuft, rückt die Bekämpfungskolonne unter Führung eines Tierarztes im Auto ab und führt die Bekämpfungsmaßnahmen an Ort und Stelle mit Hilfe der Serum- bzw, Simultanimpfung durch, ähnlich wie wir das oben beschrieben haben.

Das Schweinepestserum wird in Amerika unter Leitung des Bureau of Animal-Iudustry im großen hergestellt. Im Jahre 1920 waren dort 64 Fabriken, die insgesamt 525 000 Liter Serum lieferten. Eine große Firma (Lederle) Dr. Eichhorn bearbeitet jährlich 15 000 Schweine. Auch in Ungarn gibt es drei große Werke, dio Schweinepestserum herstellen. Auch in

Holland, England und Italien wird Schweinepestserum hergestellt.

So haben alle Schweinezncht treibenden Länder Vorsorge getroffen, durch Herstellung von Serum ihren für die Volksernährung so wichtigen Schweinebestand zu schützen.

Nur Deuschland, das unabhängig von Amerika an der Erforschung der Schweinepest und Auffindung des Schweinepestserums so bedeutsamen Anteil hat, ist bei der praktischen Nutzanwendung dieser Ergebnisse hinter den andern Ländern zurückgeblieben. Das liegt zum Teil daran, daß unsere Arbeiten durch den Weltkrieg unterbrochen werden mußten.

Um uniere Schweine vor Pest zu schützen, müisen wir das Serum aus Ungarn einführen, wofür wir bei dem deutschen Währungselend dauernd einen namhaften Tribut zahlen müssen.

Vor etwa einem Jahre ist es mir nun in Gemeinschaft mit Prof. Mießner von der Tierärztlichen Hochschule in Hannover gelungen, dem mir bis vor kurzem unterstellten Institut für experimentelle Therapie „Emil von Behring" in Marburg ein Institut zur Erforschung der Schweinekrankheiten anzugliedern, wo zusammen mit Dr. Geiger die Arbeiten über Schweinepest wieder aufgenommen worden sind und mit Hilfe der Behring-Werke und der Firma L. W. Gans in Oberursel, die vor dem Kriege schon einmal mit der Serumherstellung begonnen hatte, Serum in kleinem Maßstabe hergestellt wird.

Um die Serumherstellung auf eine breitere Basis zu stellen und um den Bedürfnissen der Praxis gerecht zu werden, ist das Schweinepestinstitut wesentlich vergrößert und mit dankenswerter Unterstützung des Landwirtschaftsministeriums in die Heide nach Doenhausen bei Eystrup (Hannover) verlegt, wo es gleichzeitig auch als Mastanstalt dienen soll. Es soll besonders darauf bedacht sein, den Serumbedarf im eigenen Lande sicherzustellen. Das Schwierigste bei der Herstellung von Serum in großem Stile ist die Beschaffung der notwendigen Mengen Virus zur Immunisierung der Schweine, und da müssen wir an die Landwirte und die Tierärzte die dringende Bitte richten, daß Sie uns bei Seuchenausbrüchen von den zur Schlachtung kommenden Tieren das Blut Verfügung stellen. Ohne diese tatkräftige Unterstützung kommen wir nicht aus!

Gleichzeitig soll das Institut eine Zentrale für die Schweinepestbekämpfung sein. Mit Rat und Tat wird es auf Wunsch jedem Landwirt und Tierarzt in allen die Schweinepest betreffenden Fragen zur Seite stehen und gemeinsam mit den Tierärzten sich an der Organisation der Schweinepestbekämpfung beteiligen. Es soll aber auch in dem Institut die Wissenschaft gefördert werden, die sich, der Zeit

entsprechend, in erster Linie auf praktische Ziele einzustellen hat, indem besonders die Methoden der Schutzimpfung weiter ausgebaut werden sollen.

Aber nur in enger Fühlung und Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft und bei weiterer wohlwollender Unterstützung seitens der Behörden kann das Werk gedeihen.

II. Untersuchungen über Immunität und Schutzimpfung gegen Tuberkulose.

Immer wieder habe ich versucht, mit in verschiedener Weise abgetöteten TB-Material eine Immunität gegen Tuberkulose zu erzielen. Ich bediente mich dabei des Antiformins, das die Tuberhelbazillen in Reinkultur nach 24 Stunden schonend abtötet und ihre deletäre Giftwirkung aufhebt.

Ich hoffte dadurch zum Ziele zu kommen, daß ich massive Dosen anwandte, nachdem von Ungermann gezrigt war, daß man mit großen Dosen bei Meerschweinchen und Kaninchen ein Anaphylnin gegen TB. erzeugen kann. Ich ging dabei von der Beobachtung aus, die ich bei der toxischen Shiga-Ruhr gemacht hatte. Ich konnte s. Zt. zeigen, daß man Kaninchen schon mit einer Einspritzung großer Mengen von Antiforminbazillen immunisieren kann, was besonders deshalb sehr bemerkenswert ist, als es äußerst schwierig ist, mit den giftigen d. h. nicht mit Antiformin behandelten Bakterien Tiere zu immunisieren. Die am Kaninchen und Meerschweinchen vorgenommenen Immunisierungsversuche mit Anfiformin-Tuberkelbazillen mit massiven Dosen (200—400 mg) führten jedoch zu keinem befriedigenden Ergebnisse. Nicht bessere Resultate erzielte ich mit durch Hitze abgetöte TB. Neuerdings habe ich nun auch Esel und Rinder mit großen Dosen Antiforminbazillen i. v. und i. p. vorbehandelt und zwar bis zu 3 Gramm. Die Rinder wurden dann nach einigen Monaten in einen Seuchenstall zwischen schwerkranke Tiere gestellt und sind an Tuberkulose erkrankt. Also auch bei dieser Methode und bei Anwendung kolossaler Dosen sieht man keinen Erfolg. Danach habe ich die Hoffnung aufgegeben, daß es je gelingen wird, mit abgetötetem Material eine Immunität bei Tuberkulose zu erzielen.

Nun sind ja auch die Immunitätsverhältnisse bei der Tuberkulose anders, wie bei den meisten andern Infektionskrankheiten. Wir haben es hier mit einer sog. „Infektionsimmunität“ zu tun, d. h. wir beobachten einen gewissen Grad von Immunität, solange der Organismus mit lebenden TB. infiziert ist (R. Koch, Roemer u. a.). Die Immunität beruht auf einer Attargie, einer Überempfindlichkeit. Der attargisch geladene Organismus reagiert

auf das Eindringen der TB. mit einer akuten entzündlichen Reaktion, die das Haften der TB. verhindert.

Es kam also darauf an, bei Rindern mit Rinde-Tuberkelbazillen eine latente Infektion zu erzeugen, ohne daß es zu klinisch sichtbaren Erscheinungen kommt, denn die Tiere dürfen selbstverständlich nicht krank werden. Das A uud O der ganzen Frage ist also das geeignete Impfmaterial resp. die geeignete Kultur, die nicht völlig avirulent aber doch genügend abgeschwächt sein muß.

Als Impfstoff wählten wir[1]) eine Kultur, die 1902 von v. Behring aus einer tuberkulösen Mediastinaldrüse vom Rinde und nach einer Schafpassage aus dem Meerschweinchen herausgezüchtet und bis heute durch dauernde weitere Züchtung auf festen und flüssigen Nährboden fortgeimpft worden war. Die Kultur ist also über 21 Jahre alt. Sie wächst trotz ihres Alters außerordentlich üppig auf Glycerinbouillon. Das Wachstum hat durchaus Charakter angenemmen. Auch liefert sie praktisch brauchbares Tuberkulin. Was die Virulenz anbetrifft, so ist eine genaue Bestimmung seinerzeit nicht vorgenommen, doch ist aus den alten Protokollen zu ersehen, daß im Jahre 1902 Dosen von 2,5 und 5 mg Meerschweinchen nach 4 Wochen bis 5 Monaten, von 7,5 mg nach 3—5 Wochen und 25 mg nach 18—25 Tagen bei subkutaner Einspritzung an Tuberkulose getötet hat. An Kaninchen ist sie damals nicht geprüft worden. Rinder von 108—109 Kilo gingen nach intravenöser Einspritzung von 0,025 g Serumkultur nach 6 Wochen an Tuberkulose zu Grunde, doch genügte bereits 1 mg zur Tötung eines jungen Rindes innerhalb von 5–6 Wochen.

Die in den letzten Jahren 1921—23 vorgenommenen Virulenzprüfungen ergaben folgendes; Es wurde serienweise eine größere Anzahl von Meerschweinchen, die zur Auswertung von Tuberkulin dienen sollten, mit 1 mg subkutan infiziert. Die Tiere erkrankten nach verschiedenen Zeiten, einigen Wochen bis Monaten, an Tuberkulose und sind z. T. spontan eingegangen, z. T. wurden sie durch Tuberkulinimpfung getötet und erwiesen sich als tuberkulös. Bei einer genauen Virulenzprüfung mit $^1/_{10}$, $^1/_{100}$, $^1/_{1000}$ und $^1/_{10000}$ mg gingen bei den verschiedenen Dosen einzelne Tiere an Tuberkulose nach Wochen bis Monaten ein. Die meisten entwickelten sich gut, trotzdem sie alle Drüsenanschwellungen bekamen. Diese Drüsen gingen z. T. zurück, z. T. wurden sie als verkäste Massen abgestoßen und die Tiere heilten aus. Bei der Schlachtung nach 1—1$^1/_4$ Jahr erwies eine größere Anzahl von Tieren als gesund; die Organe zeigten keine Tuberkulose. Ein

1) Die Versuche wurden zusammen mit Bieber, Demnitz, Dold und Scholz ausgeführt.

Meerschweinchen, das 200 mg erhalten hatte, wurde nach acht Monaten getötet und zeigte nur verkäste Drüsen, sonst keine Veränderungen.

Ein Kaninchen, das 0,1 g subkutan erhalten hatte, starb intercurrent nach 2 Monaten. Es zeigte in einem Unterlappen einer Lunge zahlreiche kleine graue Herde, die auf Meerschweinchen verimpt keine Tuberkulose hervorriefen. Die Leber war durchsetzt mit kleinen weißen Knötchen, deren Verimpfung auf Meerschweinchen Tuberkulose erzeugte. Ein anderes ebenso behandeltes Kaninchen wurde nach $4^1/_2$ Monaten getötet und zeigte keine tuberkulösen Veränderungen, ebenso zwei mit 0,1 g i. v. geimpfte Kaninchen. Ein weiteres mit 0,25 g i. p. geimpftes Kaninchen wurde nach 6 Monaten geschlachtet, die Lunge war durchsetzt mit kleinen grauweißen Knötcheo, die auf Meerschweinchen verimpft, keine Tuberkulose hervorriefen. Ein anderes ebenso geimpftes Kaninchen, das nach vier Monaten getötet wurde, zeigte vollkommen normaln Befund. Die Verimpfung der Lungen, Nieren und Milz auf je zwei Meerschweinchen ergab ein negatives Resultat. Was nun die Rindervirulenz betrifft, so hatten wir gelegentlich mit dieser Kultur Tiere, die anderweitig vorbehandelt waren (mit abgetöten und menschlichen Bazillen) zunächst mit kleinen Dosen dieser Kultur nachbehandelt. Die Tiere vertrugen diese kleinen Dosen gut, ebenso auch die Kontrolltiere, die nicht vorbehandelt waren. Das veranlaßte uns, gleich zu größeren Dosen bei nicht vorbehandelten Rindern überzugehen und wir wählten die intraperitoneale Methode, dad ie Tiere größere Mengen Tuberkelbazillen i. v. schlecht vertrugen. Es wurden Tiere mit 1 und 50 mg., ferner mit ½, 1 und 2 gr. i. p. vorbehandelt. Diese Tiere zeigten eine fieberhafte Reaktion, ebenso wie auch ein Rind, das mit 100 gr. i. v. vorbehandelt wurde. Im übrigen vertrugen diese Tiere diese Einspritzung ausgezeichnet. Um zu sehen, ob diese großen Dosen von Tuberkelbazillen irgendwelche lokale Veränderungen in der Bauchhöhle oder sonst an anderen Körperstellen hervorgerufen hatten, wurden mehrere Tiere, die 0,5, 1 u. 2 gr. erhalten hatten, nach einigen Monaten geschlachtet. Die mit 0,5 u. 1,0 gr. vorbehandelten Tiere zeigten vollkommen normalen Befund. Die Verimpfung von Drüsen und Organen des Tieres Nr. 83, das 0,5 i. p. erhalten hatte, ergab, daß nach Verimpfung einer Mesenterialdrüse ein Meerschweinchen erkrankte, während alle anderen gesund blieben. Die Verimpfung der Drüsen und Organe von dem Tier, das 1 gr. bekommen hatte, ergab einen negativen Meerschweinchenbefund. Das Tier, das 2 gr. bekommen hatte, zeigte eine Verdickung des Bauchfelles mit zottigen Auflagerungen, ebenso das Brustfell. Auf dem Peritoneum der Leber sah man einige Stecknadelkopf große Knötchen. Die Lymphdrüsen waren sämtliá ohne Veränderungen. Die Verimpfung des Bauchfelles auf

2 Meerschweinchen ergab bei einem einen positiven T. B. Befund. Es scheint hier also eine ausgeheilte Bauchfelltuberkulose vorzuliegen; jedenfalls erwies sich die Kultur für Rinder außerordentlich wenig virulent. Wir haben es also, um es kurz zusammenzufassen, mit einer Kultur zu tun, die 21 Jahr alt ist, einen außerordentlich üppiges, dem humanen Typus entsprechendes Wachstum zeigt, für Meerschweinchen schwach, für Kaninchen wenig und Rinder praktisch so gut wie avirulent ist. Die Unterschiede zwischen humanem und bovinen Typus sind hier durch das Alter der Kultur vollkommen verwischt. Eine humane Kultur, die ebenso alt war, zeigte dasselbe Verhalten wie die vom Rinde stammende, sodaß man sie nicht unterscheiden kann. Wir haben nun mit dieser Kultur Immunisierungsversuche in der Weise angestellt, daß wir eine größere Anzahl Rinder mit 0,5 und einige mit 1 gr. i. p. vorbehandelt haben. Die Einspritzung wurde durchweg gut vertragen. 2 Rinder wurden nach 2 Monaten in einem Seuchenstalle neben ener schwer tuberkulösen stark hustenden Kuh engestellt. Nach 6 Monaten wurden de Tere geschlachtet und erwesen sch als vollkommen normal (auch das Bauchfell). 3 Kontrolltiere, die allerdings einige Monate länger im Seuchenstall gestanden hatten, zeigten deutliche tuberkulöse Veränderungen. Während also diese Tiere der natürlichen Infektion widerstanden, wurde 1 Tier, das mit 1 gr. vorbehandelt war und nach 4 Monaten mit 10 mg. einer hochvirulenten Rinderbazillenkultur i. v. eingespritzt wurde, schwer krank und zeigte bei der nach 4 Wochen notwendig werdenden Notschlachtung eine schwere Miliartuberkulose der Lunge. Ebenso wie das Kontrolltier, das — bedeutend kleiner —, nach 3 Wochen an Miliartuberkulose der Lungen einging. Dies Peritoneum zeigte keine Veränderungen. Das mit 1 mg. i. p. vorbehandelte Tier, das 4 Monate nach der Einspritzung in den Seuchenstall kam und dort 9 Monate gestanden hatte, zeigte bei der Schlachtung einige Knötchen in der Lunge und verkalkte Herde in den Mediastinaldrüsen sowie in den Halslymphknoten. Die dazugehörigen Kontrolltiere zeigten schwere tuberkulöse Veränderungen. Es wurde nun, da die Kultur sich als wenig avirulent erwies, eine Reihe von Rindern mit steigenden Dosen weiter behandelt. Sie erhielten 1,5, 10, 20 und 40 u. 60 gr. Die Einspritzungen wurden unter fieberhafter Reaktion im allgemeinen ausgezeichnet vertragen, die Tiere nehmen an Gewicht gut zu. Ein Tier, das 20 gr. erhalten hatte, wurde mt 20 mgr. der eben erwähnten hochvirulenten Rinderkultur nachgespritzt. Auch dieses Tier reagierte mit hohem Fieber und allmählich zunehmender Schwäche und Husten, sodaß es nach 4 Wochen geschlachtet werden mußte. Es zegte eine schwere Miliartuberkulose der Lungen. Aus diesen Versuchen ergibt sich zunächst, daß Tiere, die selbst mit

kolossalen Dosen dieser Kultur vorbehandelt waren, der Nachimpfung mit hochvirulenten Bazillen nicht Widerstand geleistet haben, während der natürlichen Infektion gegenüber scheinbar eine Resistenz vorhanden war. Demgegenüber war es interessant festzustellen, daß die humane Kultur, die zur Vorbehandlung mehrerer Rinder benutzt wurde, die Tiere auch gegen diese hochvirulente Kultur widerstandsfähig gemacht hat, denn diese Tiere haben die Einspritzung verhältnismäßig gut vertragen und sind gesund geblieben. Man hätte in diesem Fall das Gegenteil annehmen können, denn nach der gewöhnlichen Annahme haften die humanen Bazillen bei Rindern noch weniger wie die Rinder-Bazillen. Die humane Kultur zeigte auch für Meerschweinchen dieselbe geringe Virulenz wie die Rinderkultur. Weitere Versuche, die in Angriff genommen sind, müssen zeigen, ob wir auf diesem Wege weiterkommen. Ausschlaggebend sind im A. noch nur Versuche unter den natürlichen Verhältnissen der Praxis, d. h. im Seuchenstall. Allzu große Hoffnungen hege ich ntch. Die Schwierigkeit liegt offenbar in der Bestimmung der Virulenz und Eignungder Kultur. Die Prüfung an Meerschweinchen und Kaninchen scheint nach unseren Versuchen keinen richtigen Maßstab abzugeben.

Anhangsweise sei noch bemerkt, daß wir das Serum der mit steigenden massiven Dosen vorbehandelten Rinder auf Agglutinine, Bakteriotropine, Präzipitine und Komplementbindende Substanz geprüft haben. Einen deutlichen Nachweis von Antikörpern konnten wir nicht erbringen. Auch haben wir eine größere Anzahl Meerschweinchen prophylaktisch und therapeutisch mit dem Serum lange Zeit behandelt, ohne den geringsten Effekt zu sehen.

Auch beim Menschen sind mit dem Serum von Prof. Czerny Versuche in der Berliner Kinderklinik angestellt worden. Dabei hat sich merkwürdiger Weise gezeigt, daß bei schweren tuberkulösen Prozessen eine günstige Wirkung beobachtet werden konnte. Worauf diese günstige Wirkung beruht, ist mir nicht ganz klar. Versuche mit normalem Rinderserum haben auffallende Besserungen nicht hervorgerufen. Weitere Versuche an einem viel größeren Material müssen zeigen, ob sich diese Behandlungsmethode für die Praxis eignen wird.

Das Urteil über die Wirkung dieses Serums muß ich lediglich den Kliniken überlassen, da ich eine experimentelle Grundlage nicht liefern kann.

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg

Nr. 3 Juni 1923

(Aus dem Anatomischen Institut Marburg.)

Die mechanische Erklärung der Beckenstellungen [1]) und der Wirbelsäulenwölbung bei Tetrapoden.

Von Ernst Theodor Nauck.

Es ist bekannt, daß die Verbindung zwischen Darmbein und Kreuzbein in hohem Maße von der Tätigkeit der Extremitäten abhängt, und wir dürfen daher wegen des Ausbleibens der Berührung dieser beiden Skeletteile bei den Fischen annehmen, daß bei ihnen die Gliedmaßentätigkeit gering ist. Die Richtigkeit dieser Annahme ergibt sich aus der Beobachtung lebender Exemplare. Beim Uebergang zur terrestrischen Lebensweise tritt eine Befestigung des Ilium am Sacrum ein, und zwar wird primär das Darmbein nur einem Wirbel bezw. dessen Rippenrudiment angelagert. Die Gliedmaßen haben bei den landlebenden Formen eine das Kriechen unterstützende Tätigkeit übernommen; allerdings ist diese Funktion anfänglich von relativ untergeordneter Bedeutung, weil die Fortbewegung zum großen Teil noch durch Kontraktionen der Rumpfmuskulatur bewerkstelligt wird. Die mechanischen Einflüsse, welche die hinteren Extremitäten auf das Becken ausüben, sind demnach anfangs nicht groß, und daher behält das Becken seine ursprüngliche Lage zum Achsenskelett bei, indem Beckenachse und Wirbelsäulenachse senkrecht zu einander stehen [2]). Dieses als Primärstellung bezeichnete Lagerungsverhältnis des Beckens zur Wirbelsäule findet sich bei denjenigen Tetrapoden, welche man als den Stammeseltern der recenten Vierfüßler nahestehend anzusehen geneigt ist. Aehnlich ursprüngliche Zustände haben aber auch die heute lebenden urodelen Amphibien

1) Zur genaueren Orientierung sei auf die Arbeit über „Die Beziehungen zwischen Beckenstellung und Gliedmaßenstellung bei tetrapoden Vertebraten" verwiesen. Morph. Jahrb., Bd. 53.

2) Als Beckenachse bezeichnet man nach dem Vorgange von Huxley Proc. Royal Soc., London, 1879) eine Verbindungslinie zwischen der Mitte des Acetabulum und der Mitte der Articulatio sacroiliaca; die Wirbelsäulenachse verbindet die Mitten sämtlicher Wirbelkörper miteinander.

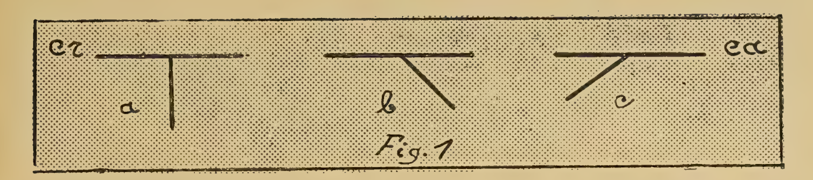


Abb. 1. Darstellung der Lagebeziehungen zwischen Wirbelsäulenachse und Beckenachse bei Urodelen (*a*), Säugern (*b*) und Lacertiliern (*c*). *cr* = Kopfende, *ca* = Schwanzende.

aufzuweisen (Abb. 1), welche übrigens mit ihren Vorfahren außerdem noch in Bezug auf die Gliedmaßenstellung übereinstimmen: die Beine werden nämlich seitwärts vom Körper abgespreizt gehalten.

Die mit fortschreitender Differenzierung in der Reihe der Schwanzlurche zunehmende funktionelle Bedeutung der Gliedmaßen für die Lokomotion ist durch die allmählich immer fester werdende Verbindung zwischen Darmbein und Rippenrudiment der Vertebra sacralis charakterisiert, welche Verbindung aber stets auf nur einen Wirbel beschränkt bleibt. Es findet bei diesen Formen dabei ein Wechsel der Stellung des Beckens zur Wirbelsäule nicht statt, im Gegensatz zu anderen, weiter differenzierten Vertebraten, bei denen die lokomotorische Bedeutung der Gliedmaßen eine entsprechend größere ist.

Der Zusammenhang der Primärstellung des Os coxae mit der wenig ausgesprochenen Gliedmaßenfunktion läßt sich auch daraus erkennen, daß sich ein rechter Beckenwirbelsäulenwinkel bei solchen Formen vorfindet, die wesentlich spezialisierteren Gruppen angehören, die sich aber durch eine geringe Tätigkeit ihrer Extremitäten auszeichnen. Hierher gehören die Chameleonten. Diese Tiere bewegen sich nun zwar nicht in der typischen kriechenden Weise fort, vielmehr benutzen sie ihre Gliedmaßen oft zur Lokomotion mit hoch über dem Erdboden erhobenem Rumpf. Doch erfolgt die Ortsveränderung bei ihnen bekanntlich nur selten, und dann vermittels langsamer, vorsichtiger Bewegungen, wobei noch der Schwanz den Körper in seiner Stellung zu erhalten hilft. Demzufolge sind also auch hier die Einwirkungen der Extremitäten auf das den Verbindungspfeiler zwischen freier Gliedmaße und Wirbelsäule darstellende Becken unbedeutend, so daß letzteres in seiner ursprünglichen Lage, der Primärstellung verharren kann.

Anders liegen die Verhältnisse dagegen bei Lacertiden und Varaniden. Bei ihnen haben die Extremitäten eine größere Bedeutung für die Fortbewegung erlangt, obwohl sich auch die Rumpfmuskulatur an ihr beteiligt. Durch die starken und plötzlichen, das Becken ruckweise von seitlich unten und hinten treffenden Gliedmaßenstöße bei der Ortsveränderung erfolgt eine Kopf-

wärtsdrehung des Beckens, so daß Wirbelsäulenachse und Beckenachse einen schwanzwärts offenen stumpfen Winkel einschließen. Zugleich bedingt die verstärkte Gliedmaßentätigkeit aber auch eine ausgedehntere und festere Fixierung des Os ilium am Kreuzbein, so daß der Beckenring dauernd in der cranialwärts rotierten Lage verbleibt. Es erfolgt also phylogenetisch eine Kopfwärtsdrehung des Beckens von der Primärstellung aus. Ob sich dieser Vorgang auch in der Lacertilierontogenese wiederholt, soll bei Gelegenheit untersucht werden. A priori erscheint eine solche ontogenetische Wiederholung der phylogenetisch durchlaufenen Stellungen in Analogie mit den bei Mammaliern beobachteten Tatsachen[1]) sehr wahrscheinlich, doch würde ein Ausbleiben der Drehung natürlich nicht zu der Annahme berechtigen, daß das Eidechsenbecken sich schon primär in der kopfwärts-rotierten Stellung befunden habe.

Im übrigen läßt sich eine solche Cranialwärtsrotation des Beckens auch noch bei anderen Vierfüßlern als durch die Gliedmaßentätigkeit hervorgerufen erweisen. Aus dem weiterhin aufzuführenden Beispiel geht gleichzeitig hervor, daß nicht sowohl die kriechende Lokomotionsart, als vielmehr die Stellung der Beine und die Intensität ihrer Funktionen dabei maßgebend sind. Bei den Monotremen ist nämlich das Becken in der für alle Säugetiere charakteristischen Weise caudalwärts gedreht, so daß also Beckenachse und Wirbelsäulenachse einen schwanzwärts offenen spitzen Winkel einschließen. Die Monotremen halten als Grabtiere ihre Extremitäten in ähnlicher Weise wie die eben besprochenen Reptilien seitlich vom Körper abgespreizt. Nun wird beim Graben mit den Hintergliedmaßen der Vorderkörper fest am Erdboden verankert, und die hinteren Extremitäten entfalten dabei einen außerordentlich starken, vor allem horizontal gerichteten Druck, der primär an den Hüftgelenkspfannen angreift. Diesem Drucke weichend dreht sich das Becken im Verlaufe längerer Zeitabschnitte ontogenetisch im Vergleich zur Ausgangsstellung allmählich kopfwärts, sodaß der von den beiden mehrfach genannten Achsen eingeschlossene Winkel immer stumpfer wird. Freilich erreicht das Becken dabei die Primärstellung nicht und geht noch viel weniger cranialwärts über sie hinaus. Doch darf diese Beckendrehung bei den Monotremata prinzipiell ohne weiteres mit der für die Eidechsen beschriebenen verglichen werden, denn wenn auch die Ausgangs- und Endstellungen verschieden sind, so wird doch in beiden Fällen durch die Einwirkungen der seitlich ab-

---

1) Hier erfolgt in der Ontogenie eine Caudalwärtsrotation des Beckens von der Primärstellung aus, wie zuerst von Petersen (1893, Archiv für Anatomie) für den Menschen nachgewiesen wurde.

gespreizten Extremitäten das Becken kopfwärts um eine beide Iliosacralgelenke miteinander verbindende Achse gedreht.

Die Gliedmaßen der Säugetiere sind in einer der Mittelebene des Körpers parallelen Ebene eingestellt, so daß sie sich also nicht neben sondern unter dem Rumpf befinden. Dementsprechend wird der Körper nicht nur bei der Fortbewegung, sondern auch im ruhigen Stande dauernd über dem Erdboden erhoben gehalten, und zwar durch Kräfte, welche in den Gliedmaßen ausgelöst werden. Der Rumpf wird durch die Extremitäten aber nur im Bereiche zweier zirkumskripter Regionen unterstützt, nämlich dort, wo er mit den Gliedmaßengürteln in Beziehung tritt. Bei erhobener Haltung haben die nichtunterstützten Teile des Körpers gemäß ihrem Eigengewicht die Tendenz, sich der Erdoberfläche zu nähern, d. h. also, beim Erheben des Rumpfes von der Unterlage versuchen einerseits Kopf und Halswirbelsäule, andererseits die Schwanzwirbelsäule abwärts zu sinken, und der zwischen den beiden Extremitätengürteln befindliche Teil des Achsenskelettes, also die Thoracolumbalwirbelsäule müßte einen bauchwärts konvexen Bogen darstellen. Wir wissen aber, daß der Kopf stets mehr oder weniger erhoben gehalten wird. Ebenso sehen wir statt der zu erwartenden ventralwärts konvexen Rumpfwirbelsäule eine dorsalwärts konvexe Krümmung auftreten, eine Erscheinung, welche als Gewölbebildung des Achsenskelettes bezeichnet wurde. Die Säulen, auf denen das Gewölbe ruht, werden von den beiden Gliedmaßenpaaren dargestellt, und es ergibt sich daraus eine mechanisch günstige Verteilung der Körperlast. Die Anteile des Körpergewichts, welche auf diejenigen Wirbelsäulenpartien einwirken, die zwischen den Extremitätengürteln gelegen sind, werden aus ihrer direkt vertikalen Richtung (Abb. 2 A) abgelenkt und den stützenden Säulen zugeleitet (Abb. 2 B). Die Mitte der Wirbelsäule wird also entlastet, und dadurch wird Energie gespart nach dem gleichen Prinzip, welches bei der Ausführung von Gewölbebauten in der architektonischen Technik verwandt wird. Die statisch-mechanische Bedeutung dieser für die Mammalier typischen Wirbelsäulenkrümmung erscheint also ohne weiteres klar; damit ist aber über ihre kausale Genese noch nichts ausgesagt.

Durch die folgenden Erörterungen soll versucht werden, über die ursächlichen Momente für die Entstehung des Wirbelsäulengewölbes Klarheit zu schaffen. Dabei soll jedoch das Hypothetische dieser Auseinandersetzungen betont werden.

Wir müssen auf die phylogenetisch primitiven terrestrischen Formen zurückgreifen, wie wir sie uns als Vorfahren der recenten Mammalier vorstellen dürfen, wobei eine direkte Blutsverwandtschaft natürlich nicht postuliert werden soll. Diese Tiere waren in ihrer Organisation den unter dem Namen der Stegocephalen zusammengefaßten Amphibien mehr oder weniger ähnlich. Hier

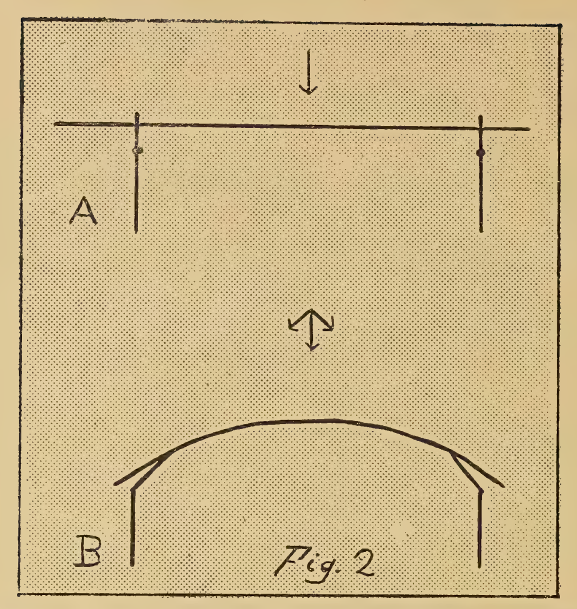


Abb. 2. Schema des Gliedmaßen- und Achsenskelettes bei gestreckter (A) und gewölbter (B) Wirbelsäule. Die Pfeile deuten die Verteilung der auf die Mitte des Körpers einwirkenden Schwerkraft an.

bestand also bei linear gestreckter Wirbelsäule und Primärstellung des Beckens die für die kriechenden Tetrapoden typische vom Rumpfe abgespreizte Haltung der Gliedmaßen. Im Laufe der weiteren Entwicklung wurde dann, hervorgerufen durch die veränderten Lebensbedingungen, der Kopf allmählich zu einem immer beweglicheren Greiforgan ausgestaltet, ähnlich wie sich das ja auch bei den lebenden Lacertiden im Vergleich zu den Urodelen feststellen läßt. Diese erhöhte Beweglichkeit wurde zum Teil durch eine Verlängerung des Halses erreicht, so daß sich der Schädel allmählich vom Schultergürtel immer mehr entfernte. Weiterhin dürfen wir uns vorstellen, daß die veränderten Lebensbedingungen zu einer ursprünglich wohl nur zeitweiligen, später dauernden Erhebung des Rumpfes von der Unterlage und zur Erwerbung einer schnellen und langanhaltenden Lokomotionsweise führten.

Bei den primitiven Stegocephalen war der Schwanz noch so lang, „daß das Becken beiläufig in halber Körperlänge stand“ [1]), und die gleichen Zustände dürfen wir auch für die Stammformen der Säuger voraussetzen. Nun läßt sich die Wirbelsäule bezügl. ihrer Biegsamkeit mit einer elastischen Spiralfeder vergleichen, deren beide Enden

1) Abel, Die Stämme der Wirbeltiere. Berlin u. Leipzig, 1919; S. 261.

bodenwärts absinken bezw. am Boden verharren, wenn man sie etwa in ihrer Mitte von der Unterlage abheben würde. Richtete sich nun ein solches, den Stegocephalen ähnliches Tier durch Streckung seiner Gliedmaßen auf, so würden die beiden proximal und distal von den unterstützenden Extremitätengürteln gelegenen Wirbelsäulenanteile (also der Schwanz und der Hals nebst Kopf) vermöge ihres Gewichtes der Unterlage weiterhin aufzuruhen bestrebt sein, während die im Vergleich zu den eben genannten Teilen des Achsenskelettes leichtere Thoracolumbalwirbelsäule entgegen der Schwerkraft rückenwärts ausgebogen würde, wie das ja auch bei entsprechender Versuchsanordnung bei einer elastischen Spiralfeder der Fall ist. Nun sind allerdings an der Rumpfwirbelsäule die Eingeweide aufgehängt, welche einen Zug bodenwärts ausüben, sodaß die oben erwähnten mechanischen Faktoren zur Erhaltung des dorsalkonvexen Gewölbes nicht ausreichen würden, wenn nicht noch weitere, aktive Kräfte hinzukämen.[1])

Wenden wir uns also zur Besprechung dieser aktiven Faktoren. Mit der Ausbildung des Schädels zum Greiforgan wurde der Hals verlängert und das Tier damit in den Stand gesetzt, den Kopf in mannigfacher Weise zu bewegen und ihn auch beim Ausspähen nach Beute hoch aufzurichten. Beim Zunehmen der Differenzierung in der angedeuteten Richtung trat somit eine Vermehrung der thoraco-cervico-cranialen Muskulatur in die Erscheinung. Der Zug dieser zwischen Brustwirbelsäule und Hals bezw. Occipitalteil des Schädels ausgespannten Muskelmasse hielt nun einerseits den Kopf erhoben und bewegte ihn; gleichzeitig übte sie aber natürlich eine Zugwirkung auf die Brustwirbel aus, indem sie die letzteren sozusagen dem Schädel zu nähern trachtete (Abb. 3). Als Folge dieser Einwirkungen bildete sich die bei den Säugetieren stets nachweisbare, wenn auch oft nur geringe Lordose der Halswirbelsäule aus. Dadurch wurde der Schädel dem Schultergürtel mehr oder weniger angenähert, also der Hebelarm für das proximal von den Vordergliedmaßen bodenwärts wirkende Gewicht verkürzt. Wenn nun durch diese Hebelarmverkürzung die eine passive Gewalt, welche die Rumpfwirbelsäule in ihren cranialeren Anteilen rückenwärts auszubiegen bestrebt war, verringert wurde, so wurde andererseits diese Wölbung

---

1) Es ist zu berücksichtigen, daß die Eingeweide ursprünglich ein relativ viel geringeres Volumen gehabt haben, als das bei den recenten Mammaliern der Fall ist. Das kann man gewissermaßen auch schon aus der Säugerontogenie entnehmen, in deren Verlauf der Darmkanal bekanntlich außerordentlich an Länge zunimmt. — Daß die bei den Säugetieren so außerordentlich mächtige Entfaltung der Leber in frühen Embryonalstadien als phylogenetisch junge Erwerbung aufzufassen ist, die wir also für die uns interessierenden primitiven Ausgangsstadien nicht in Rechnung zu stellen brauchen, dürfte wohl allgemein anerkannt sein.

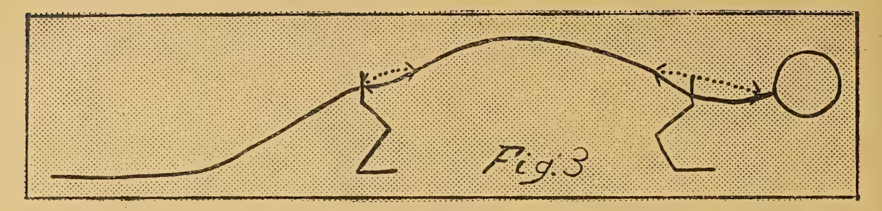


Abb. 3.

wiederum durch den kräftigen, cranialwärts gerichteten, an den Thorakalwirbeln angreifenden Muskelzug erhalten bezw. verstärkt. Wir sehen also am proximalen Körperende eine passive und eine aktive Komponente auf das Achsenskelett im Sinne einer Dorsalwärtswölbung einwirken.

Dasselbe ist nun auch am distalen Körperende der Fall. Die primäre, passive Komponente, nämlich das Gewicht des Schwanzes, wurde bereits erwähnt, und wir wollen daher zur Besprechung der aktiven Kraft übergehen. — Wir wissen, daß schon die paarigen Extremitäten der Fische verschiedene Funktionen zu erfüllen haben, indem sie sich zueinander wie Antagonisten verhalten, sich aber auch durch geeignete Bewegungen gegenseitig zu unterstützen vermögen.[1]) Schon die verschiedene Ruhestellung beider Flossenpaare scheint die ungleiche Tätigkeit anzudeuten. Eine solche Arbeitsteilung zwischen vorderer und hinterer Gliedmaße tritt nun in verstärktem Maße bei den landlebenden Formen zutage, indem hier die eigentliche Fortbewegung (anfänglich bei kräftiger Unterstützung durch die Rumpfmuskulatur) der hinteren Extremität übertragen wurde, während die vordere eine mehr regulierende und unterstützende Funktion übernahm, wenn sie andererseits auch imstande ist, den Körper vorwärts zu ziehen. — Die verschiedene Tätigkeit der beiden Gliedmaßenpaare der tetrapoden Vertebraten ist auch aus der Art der Befestigung ihrer Gürtel am Rumpfe zu ersehen. Bekanntlich lagert sich das Darmbein dem Sacrum direkt an, während die dorsal gelegene Platte des Schultergürtels keine derartigen Beziehungen zum Achsenskelett gewinnt, woraus wir die geringere statisch-mechanische Beanspruchung der Vordergliedmaße folgern dürfen.

Nun ist bei den kriechenden Vierfüßlerformen, z. B. den urodelen Amphibien und den Lacertiliern, die Muskulatur der Lendenregion an der Ausführung der schlängelnden Bewegungen des Rumpfes beteiligt. Diese Bewegungen werden in der Horizontalebene ausgeführt. Mit beginnender Aufrichtung des Körpers, also mit dem allmählichen Uebergang zur schreitenden Lokomotions-

1) Bütschli, Vorlesungen über vergleichende Anatomie, Berlin 1921 S. 319.

art, fallen den eben erwähnten Muskeln auch veränderte Aufgaben in Bezug auf die Bewegung des Vorderkörpers zu. Besonders deutlich ist das beim Ansetzen zum Sprung, wenn beide Vordergliedmaßen vom Erdboden abgehoben werden und der ganze proximale Teil des Körpers durch Verlagerung des Schwerpunktes caudalwärts in der erhobenen Stellung verharrt. Diese Position wird in hohem Maße durch Kontraktion der sacrolumbalen Muskeln gewährleistet, indem das Becken sozusagen die Basis darstellt [1]), gegen welche der Vorderkörper dorsalwärts abgeknickt wird. Aber auch bei der gewöhnlichen, langsamen Schreitbewegung haben die Muskeln eine ähnliche Aufgabe zu erfüllen. Der Vordergliedmaße wurde nämlich im Laufe der phylogenetischen Entwicklung zugleich mit der Verminderung ihrer direkt lokomotorischen Bedeutung immer mehr die Initiative bei der Vorwärtsbewegung übertragen.[2]) Es läßt sich an jedem Tetrapoden beobachten, daß bei Beginn der Fortbewegung zuerst eine Vorderextremität von der Unterlage abgehoben wird, um cranialwärts geführt zu werden. In dieser Phase der Bewegung ruht also der Rumpf auf nur drei Unterstützungspunkten; daraus ergibt sich eine erhöhte funktionelle Inanspruchnahme der sacrolumbalen Muskulatur, weil diese nämlich helfen muß, die entsprechende Vorderkörperseite vor dem Absinken zu bewahren. Der morphologische Ausdruck für die Aktion der zwischen Kreuzbein und Lendenwirbelsäule ausgespannten Muskeln ist in der bei den Mammaliern stets mehr oder weniger deutlich nachweisbaren Lendenlordose zu erblicken (Abb. 3). Vergleichen wir den sacrolumbalen Wirbelsäulenabschnitt mit einem Bogen, so stellt die eben erwähnte Muskulatur dessen Sehne dar. Denken wir uns das eine Ende des bodenwärts konvexen Bogens unbeweglich auf einer Unterlage fixiert, wie das in gewissem Sinne für das Kreuzbein zutrifft, so wird bei Anspannung der Sehne das andere freie Ende des Bogens weiter nach aufwärts vom Erdboden entfernt. D. h. also, auf die Wirbelsäule übertragen, daß die Sacrolumbalmuskulatur die dorsalwärts gerichtete Wölbung des Achsenskelettes zum mindesten in dem Grade erhält, wie sie durch das Herabsinken des Schwanzes bedingt wurde.

Durch die Tätigkeit von Muskeln treten somit in der Umgebung beider Gliedmaßengürtel ventralwärts konvexe Krümmungen des Achsenskelettes auf. Die zwischen diesen lordotischen Partien gelegenen Teile der Wirbelsäule werden kyphotisch, und zwar als Folge des Absinkens (bezw. der Tendenz dazu) von Schwanz und

---

1) Bergmann und Leuckart, Anatomisch-physiologische Übersicht des Tierreichs, Stuttgart 1852, S. 312.

2) Gegenbaur, Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere, Bd. I, Leipzig 1898, S. 546.

Kopf. Die Kyphose wird dann durch den erwähnten Muskelzug fixiert.

Sahen wir die Gewölbebildung der Wirbelsäule als Folge der Verlagerung der Gliedmaßen aus der seitwärts abgespreizten Stellung in eine Paramedianebene des Körpers auftreten (beide Prozesse hat man sich dabei natürlich als parallel verlaufend vorzustellen), so gibt die Wölbung des Achsenskelettes nun ihrerseits den Anstoß zu einer Veränderung der Beckenstellung. Die kausale Genese für diese Beckenstellungsänderung ist dabei so zu denken, daß sich bei beginnender Wölbung der Wirbelsäule die lineare Entfernung zwischen Anlagerungsstelle des Schultergürtels am Thorax und der Articulatio sacroiliaca verkürzt, wodurch diese Entfernung gewissermaßen zur Sehne des Wirbelsäulengewölbes wird (Abb. 2 B). Dabei erfolgt eine Drehung des cranialen Teiles der Wirbelsäule gegen die Achse des Scapulare und des caudalen Teiles gegen die Beckenachse. Jetzt bilden Wirbelsäulenachse und Beckenachse einen caudalwärts offenen spitzen und nicht mehr einen rechten Winkel. Außer der Rotation im Kreuzdarmbeingelenk erfolgt aber auch noch eine im Hüftgelenk, weil die Fußpunkte der

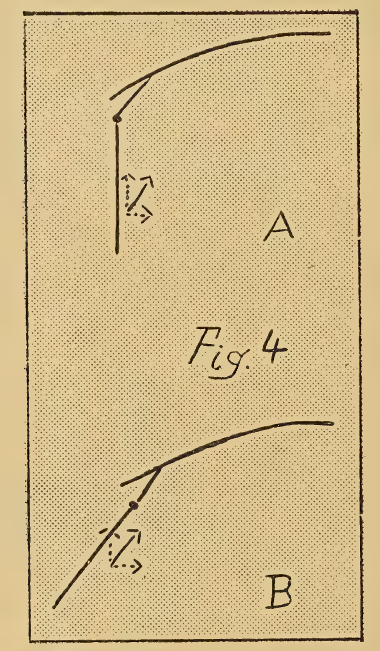


Abb. 4. Schematische Darstellung der rechten Hinterextremität nebst Caudalteil der Wirbelsäule eines Säugers von rechts. Die Pfeile deuten die Hauptdrucklinien in den Gliedmaßen bezw. deren Horizontal- und Vertikalkomponente an. A = in der Ruhe, B = in der Bewegung.

Gliedmaßen bei der Erhebung des Rumpfes vom Erdboden an ihrer Stelle verharren. Also wird die Beckenachse auch gegen die Gliedmaßenachse abgewinkelt. Sind nun derartige, wenn auch nur minimale Änderungen des Beckenwirbelsäulen- und des Beckengliedmaßenwinkels eingetreten, so wird das Os coxae weiterhin durch die von unten her auf die Acetabula einwirkenden Gliedmaßenkräfte caudalwärts gedreht, und infolgedessen werden die Winkel allmählich immer spitzer. Nicht nur im ruhigen Stande (Abb. 4, A), sondern auch bei der Fortbewegung überwiegt diese schwanzwärts drehende Komponente der Extremitätenkraft über die den Körper linear vorwärts verschiebende Horizontalkomponente [1]), weil erstere den Gesamtkörper gegen die Schwerkraft zu bewegen hat, während letztere nur das Beharrungsvermögen desselben zu überwinden braucht (Abb. 4, B).

In der phylogenetischen Entwicklung der Säuger sehen wir also eine allmähliche Verlagerung der Gliedmaßen aus der seitwärts abgespreizten Stellung in eine Paramedianebene des Körpers auftreten, und Hand in Hand mit diesem Vorgang bilden sich unter der Wirkung der veränderten statisch-mechanischen Bedingungen das Wirbelsäulengewölbe und die caudalwärts-rotierte Stellung des Beckens aus.

---

1) Diese beiden Komponenten erhält man durch Zerlegung der Hauptdrucklinie der Gliedmaßenkraft nach dem Prinzip vom Parallelogramm der Kräfte.







Sitzungsberichte

der

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften

zu

Marburg

Jahrgang 1923

II. Teil



Marburg
Universitäts-Buchdruckerei von Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)
1924.



Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg

Nr. 4 Juli 1923

Die Gelenkmechanik als Grundlage der Aetiologie der freien Gelenkkörper.

Von Hans Burckhardt.

Manche Menschen haben in einem ihrer großen Gelenke einen freien Körper, der bald fühlbar ist, bald wieder verschwindet. Man nennt solche freien Körper auch Gelenkmäuse. Die Beschwerden, die sie verursachen, sind meist gering. Bisweilen allerdings „klemmen sie sich“ zwischen die Gelenkenden „ein“ und führen dann zu heftigen Schmerzen und zur Gebrauchsunfähigkeit der Gliedmaßen.

Die Größe der Gelenkmäuse ist durchschnittlich die einer Bohne.

Die neuere Forschung hat ergeben, daß es zwei Sorten gibt, solche auf arthritischer Basis, die entstehen in Gelenken, welche bereits schwer verändert sind, und solche auf nicht arthritischer Basis, die in Gelenken entstehen, die im übrigen normal sind. Nur von den Letzteren soll hier die Rede sein.

Bezüglich deren Entstehung gibt es schon seit langer Zeit, d. h. seit man sich überhaupt mit ihnen beschäftigt, 2 Theorien, die traumatische oder mechanische und die Dissektionstheorie, die ihren Inhalt zwar etwas verändert haben, aber auch heute noch in etwa derselben Form um den Vorrang streiten.

Für die traumatische Theorie spricht erstens das Alter der Patienten, alles Leute in jugendlich kräftigem Alter oder in bestem Mannesalter, zweitens die körperliche Beschaffenheit der Patienten, meistens trifft es gesunde, an körperliche und Muskelarbeit gewohnte Menschen, drittens der hauptsächliche Fundort der freien Gelenkkörper, nämlich Knie- und Ellenbogengelenk, d. h. Gelenke, deren Knochen aus langen Hebelarmen bestehen, viertens die Tatsache, daß beim Ellenbogengelenk, vorwiegend der rechte Arm betroffen ist.

Was aber bisher ein schwer wiegendes Argument gegen die traumatische Theorie war, ist das, daß in der Vorgeschichte der Pat. kein oder nur ein unbedeutendes Trauma vorangegangen zu sein pflegt. Im letzteren Fall wird die Entstehung des Gelenkkörpers auf ein Ausrutschen, einen Lufthieb, eine Verdrehung der betreffenden Gliedmasse bezogen. Auch die Anhänger der traumatischen

Theorie geben zu, daß man bezüglich des Traumas, seiner Beschaffenheit und der Art seiner Wirkung in gewissen Fällen vor einem Rätsel steht.

Alle Versuche, experimentell an der Leiche Gelenkmäuse zu erzeugen, haben die außerordentliche Festigkeit der in Betracht kommenden Gelenke ergeben. So hat z. B. Kragelund auf das uneröffnete Knie einer Leiche einen Hammer aufgesetzt und auf diesen mit einer Holzkeule gehauen. Nur bei sehr kräftigen Schlägen zeigte sich überhaupt eine Einwirkung und selbst bei den allerstärksten Schlägen konnte nur erreicht werden, daß zwar ein Körper sich auslöste, aber immer noch mit einem Stiel an seinem Bett haftete. Neuerdings haben Buchner und Rieger errechnet, daß eine Belastung mit 12 Ztr. nötig ist, um ein 8 qcm großes Stück einer Gelenkfläche des Kniees zur Impressionsfraktur zu bringen.

Daher nehmen die Anhänger der Dissektionstheorie an, daß das Trauma, wenigstens in gewissen Fällen, nur eine untergeordnete Rolle spielt, daß das Wesentliche vielmehr ein selbständiger biologischer Prozeß sei, der die Körper allmählich auslöst. Dabei schwebt ihnen eine Analogie zu bekannten kariösen Prozessen vor, die sich im Knochen abspielen können, wie wir das z. B. bei der eitrigen Knochenmarksentzündung und bei der Tuberkulose kennen.

Der Dissektionstheorie kamen die anatomischen Befunde sehr zu statten, die man mit der Zeit in einer großen Zahl von Fällen erheben konnte. Die allerersten Beobachtungen, die schon im sechzehnten Jahrhundert gemacht wurden, stellten nur die fertigen Gelenkkörper fest, sehr bald aber wurden auch andere Fälle bekannt. Jedenfalls ist immer die Defektstelle vorhanden, der der Körper entstammt. Aber man findet ihn häufig von dieser noch garnicht völlig gelöst, indem er bald mit einem schmalen, bald mit einem breiten Stiel ihr noch anhaftet, indem er überhaupt noch nicht als selbständiger Körper ganz abgegrenzt ist, ja indem der Gelenkknorpel noch ganz intakt ist und erst ein Einschnitt bei der Operation einen Spalt zwischen Knorpel und Knochen oder innerhalb des unterliegenden Knochens aufdeckt. Auf die letzteren Fälle ist man erst durch das Röntgenverfahren aufmerksam geworden. Diese verschiedenen Beobachtungen wurden vom Standpunkte der Dissektionstheorie als einzelne Stadien eines zwangsläufig sich abspielenden biologisch begründeten Dissektionsprozesses gedeutet. Die Wirkung des von den Patienten in einzelnen Fällen angeschuldigten unbedeutenden Traumas konnte auch so aufgefaßt werden, daß ein durch den Dissektionsprozeß bereits vorgebildeter Körper durch das genannte Trauma nur noch vollends abgerissen wurde. Durch diese Deutung schienen sich zwanglos die dem Trauma folgenden unbedeutenden krankhaften Symptome zu erklären, wie Erguß, geringe Schmerzhaftigkeit, Bewegungsbehinderung, erstmaliges Sicht-

und Fühlbarwerden der Gelenkmaus unter den Weichteilbedeckungen des Gelenkes.

Hiergegen konnte aber vom Standpunkt der mechanischen Theorie wieder Verschiedenes eingewandt werden. Erstens die oben erwähnten Gesichtspunkte, betreffs des Alters, der körperlichen Beschaffenheit des Patienten usw., die keinerlei Anhaltspunkte für krankhafte Vorgänge im Körper dieser Patienten gaben. Zweitens, daß es sichere traumatisch bedingte Fälle gab, bei denen das Trauma sehr wohl für die Entstehung der Gelenkmaus ausreichte und daß in diesen Fällen die freien Gelenkkörper genau so beschaffen waren wie die angeblich durch Dissektion entstandenen. Drittens, daß Beobachtungen bekannt geworden sind, bei denen nachweislich durch Jahre die Gelenkkörper unvollständig gelöst blieben, was doch offenbar der Vorstellung eines selbständigen zwangsläufig vor sich gehenden biologischen Prozesses widerspricht. Viertens — das Wichtigste — das Fehlen aller spezifischen Veränderungen, wie sie bei sonstigen kariösen Prozessen immer gefunden werden.

Daher waren die Anhänger der Dissektionstheorie sehr frühzeitig genötigt worden, Kompromisse zu machen, z. B. indem sie zugaben, daß der Dissektionsprozeß in gewissen Fällen durch ein Trauma ausgelöst werden könne, indem dieses etwa eine Verbeulung der Gelenkenden schafft, oder anatomisch besonders exponierte, den Knochen versorgende Blutgefäßchen schädigte u. ä. Damit ist aber logischer Weise die mechanische Theorie bereits zugegeben. Auch ist es genau so schwierig, den Mechanismus der Verbeulung oder Gefäßschädigung zu erklären, wie den einer vollständigen Aussprengung. Daher kam man schließlich zu ganz gekünstelten Hypothesen wie z. B. der Annahme einer embolischen Entstehung d. h. einer Ernährungsschädigung des Knochens durch körperliche Elemente, welche in die Blutgefäßchen verschleppt werden und diese verstopfen.

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß für die mechanische Theorie alles spricht. Die allmähliche Lösung spricht wenigstens nicht dagegen. Das Rätsel bleibt nur die Beschaffenheit des Traumas, welches der Widerstandsfähigkeit der Gelenke adäquat sein, andererseits bald unvermerkt, bald nur wenig beachtet verlaufen müßte.

Möglicherweise liegt nun die Lösung in der Besonderheit der Gelenkmechanik.

Hierfür spricht die merkwürdige Tatsache, daß außer der großen Zahl der Fälle, in denen die Defektstelle ganz beliebig lokalisiert ist, es Gruppen von Fällen gibt, in denen sie in identischer Weise an einem anatomisch ganz genau zu bestimmenden Ort liegt. So gibt es eine ziemlich große Zahl von Beobachtungen, wo im Ellenbogengelenk der Defekt an bestimmter Stelle des Capitulum humeri, im

Kniegelenk an einer bestimmten Stelle des Kondylus medialis femoris liegt. Die Letzteren sind nun wegen der geschützten Lage des Ortes, an dem sich der Defekt findet, und wegen der außerordentlichen Widerstandsfähigkeit gerade des Kniegelenkes vom Standpunkt der mechanischen Theorie besonders schwer zu erklären. Wenn es daher möglich ist, diese Fälle befriedigend zu deuten, steht der allgemeinen Annahme der mechanischen Theorie nichts mehr im Wege. Diese Fälle mit Defekt am Kondylus medials des Oberschenkelknochens sind den folgenden Untersuchungen zugrunde gelegt.

Die Anamnese dieser typischen Fälle ergibt, daß die Patienten entweder überhaupt keines Traumas sich erinnern, oder berichten, sie seien ausgerutscht oder aufs Knie gefallen. Wenn man das hört, erinnert man sich sofort, daß Aehnliches von Patienten angegeben wird, die eine Fraktur der Kniescheibe erlitten haben. Und der Mechanismus dieser Fraktur ist der, daß der überaus kräftige Strecker des Unterschenkels sog. Quadrizeps, welcher mittelst seiner Sehne an der Kniescheibe, mittelst dieser am Kniescheibenband und mittelst des Letzteren am Unterschenkel ansetzt, die Kniescheibe in einer bestimmten Stellung des Unterschenkels im Momente des drohenden Falles fixiert. Die Last des stürzenden Körpers wirkt nun auf das System, ohne daß der Muskel nachgibt, es wird defekt an seiner schwächsten Stelle: die Kniescheibe reißt.

Es war daher zu untersuchen, ob nicht auch in unseren typischen Gelenkkörperfällen ein ähnlicher Mechanismus vorliegen könnte, bei dem der Quadrizeps die Kniescheibe maximal fixiert. Daß die Kniescheibe eine Rolle spielen kann, geht aus einer Anzahl von Fällen hervor, bei denen *auch* an der Kniescheibe eine Veränderung war.

An Leichenexperimenten habe ich daher versucht, die Fixation der Kniescheibe durch den Quadrizeps durch einen Draht zu ersetzen, der hoch oben durch ein Bohrloch des Oberschenkels geführt wird und unten mit der Kniescheibe oder der Quadrizepssehne in Verbindung gebracht wird. Wenn der Unterschenkel soweit gebeugt wird, daß die Kniescheibe die kritische Stelle am Kondylus medialis[1]) deckt, muß der Draht maximal gespannt sein. Führt man nun einen Schlag gegen den Unterschenkel oder beugt man diesen mit großer Gewalt, so müßte eine Einwirkung am Kondylus medialis durch den Druck der Kniescheibe feststellbar sein. Die große Schwierigkeit, dies experimentell darzutun, liegt nun aber darin, daß es auf keine Weise bisher gelungen ist, die Verbindung zwischen Draht und Strecksehne oder Kniescheibe auch nur annähernd in der Vollkommenheit herzustellen, daß bei gewaltsamer Inanspruchnahme nicht einzelne Gewebsfasern übermäßig belastet wurden und

1) Es ist das die Stellung des Knies wie in Abb. 1.

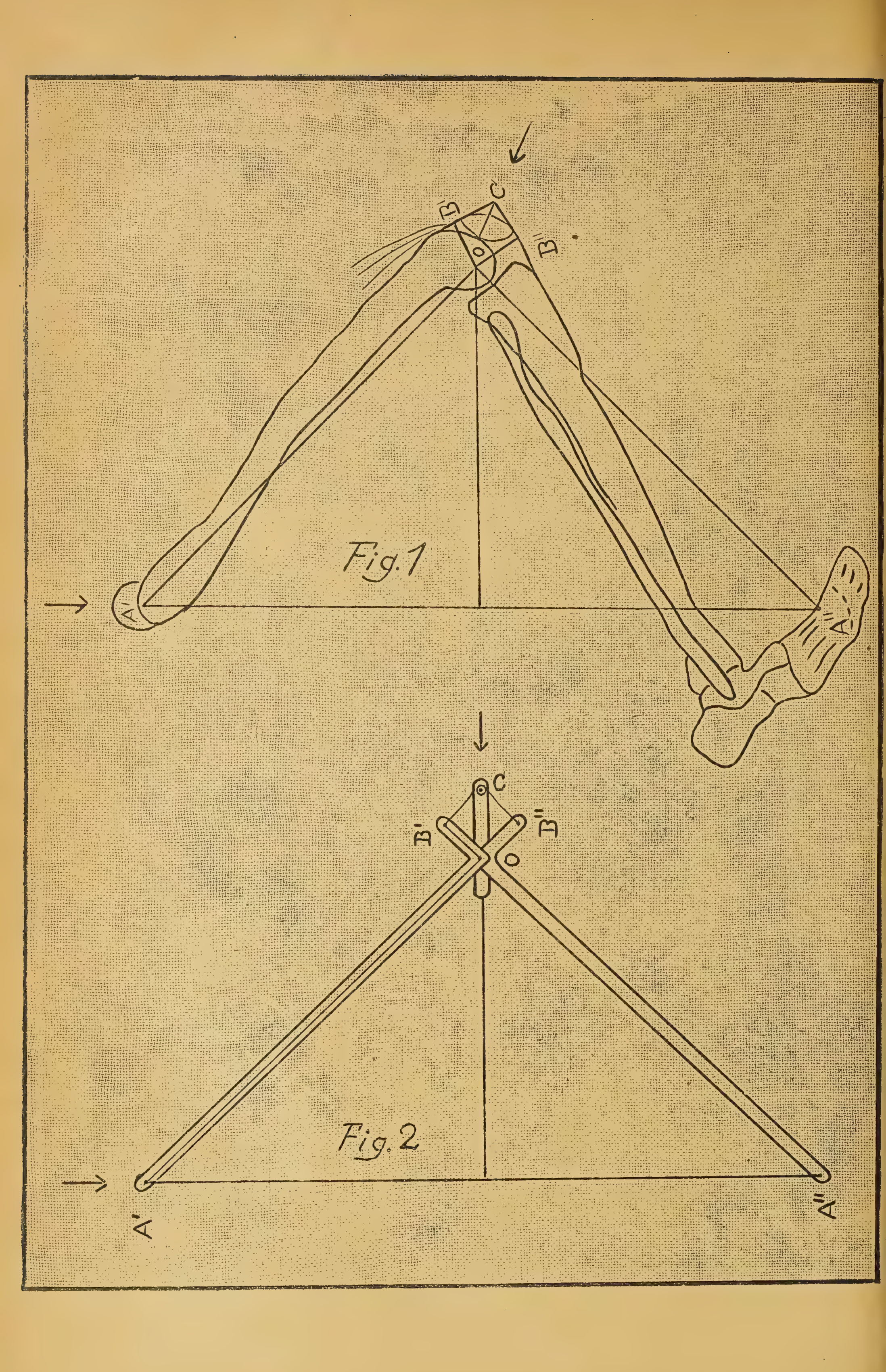
so zerrissen und daß diesen dann andere folgten, bis das System an der Stelle defekt wurde, wo das Körpergewebe mit dem künstlichen Streckapparat in Verbindung gebracht war. Nach vielerlei unbefriedigenden Ergebnissen war es möglich, einen bescheidenen Erfolg dadurch zu erzielen, daß die freipräparierte Quadrizepssehne in besonderer Weise durch drei geriefte Stahlplatten festgeschraubt wurde und der Draht an diese Stahlplatten befestigt war. Ebenso wurde ein teilweiser Erfolg erzielt unter Ausnutzung der Totenstarre. Versuche, den Muskel auf der Unterlage festzufrieren, sind bis jetzt aus rein äußeren Gründen gescheitert, sie versprechen vielleicht noch den besten Erfolg.

Selbst mit dieser unvollkommenen Versuchsanordnung konnte aber in zwei Fällen gezeigt werden, daß nach maximaler Anspannung des Streckapparates, sei es mittelst des Drahtes, sei es mittelst des totenstarren Quadrizeps, und maximaler Innendrehung des Unterschenkels durch einen kräftigen Druck auf Letzteren erreicht werden kann, daß der untere ziemlich scharfe Rand der Kniescheibe sich gegen den Kondylus medialis anstemmt und dort wenigstens bei weichem, gealtertem Knorpel eine deutliche Spur hinterläßt. Bei jugendlich festem Knorpel wurde nie die geringste Einwirkung erzielt; denn nie reichte die Fixation der Kniescheibe durch den künstlichen oder toten Quadrizeps aus, eine solche Gewalt am Unterschenkel einwirken zu lassen, wie wir sie beim Lebenden als möglich annehmen müssen; denn in unseren Versuchen gab immer vorher der Streckapparat nach. Niemals konnte z. B. eine Fraktur der Kniescheibe erzielt werden. Es ist das kein Wunder, denn der lebendige Quadrizeps entwickelt eine viel größere Kraft als der tote im Zustand der Starre, auch als der künstliche, denn der natürliche beansprucht alle Fasern seiner Strecksehne gleichzeitig in so idealer Weise, daß keine derselben einzeln überlastet und damit abgerissen wird.

Aus diesen Versuchen ging also nur soviel, aber das mit aller Deutlichkeit, hervor, daß die mechanischen Verhältnisse des Kniegelenkes derart sind, daß ein kräftiger Druck gegen den Unterschenkel unter gewissen Umständen sich vermittelst der Kniescheibe auf den medialen Kondylus in der Tat überträgt.

Der Weg, der noch übrig blieb, die Bedenken gegen die mechanische Entstehung der freien Gelenkkörper in diesen typischen Fällen zu beseitigen, war der, sich durch physikalische Ueberlegungen darüber klar zu werden, ob die möglicherweise zwischen Kniescheibe und Kondylus medialis auftretende Druckkraft ausreichend sein könne, traumatische Schädigungen, zum Mindesten Impressionsfrakturen, an der kritischen Stelle herbeizuführen.

Die beigegebene Figur 1 ist eine Profilansicht der Knochen der unteren Gliedmasse in einer solchen Stellung, in der die Kniescheibe


C
B'
B''
O
A'
A''
Fig. 1
C
B'
B''
O
A'
A''
Fig. 2

die kritische Stelle des Kondylus medialis femoris deckt. Der für diese Stellung gültige Drehpunkt O im Kniegelenk ist nach den Angaben des Fick'schen Lehrbuchs der Gelenk- und Muskelmechanik eingezeichnet. Wir erhalten auf diese Weise zwei etwa rechtwinkelig zueinander gestellte Hebelarme, von denen der eine A''O, Unterschenkel + Fuß, als ein Stück betrachtet werden kann, der andere A'O der Oberschenkel ist. Zufällig geht die Senkrechte zum Boden durch den Unterstützungspunkt der Sohle ungefähr durch den Oberschenkelkopf. In ihm (A') können wir uns das Gewicht des Körpers abzüglich des Fußes konzentriert denken. Fallen wir nun von dem Drehpunkt O die Lote OB' und OB'' auf die Richtungen der Quadrizepssehne und des Kniescheibenbandes und verlängern wir die genannten Richtungen bis zu ihrem Schnittpunkt in C, so erhalten wir ein ziemlich einfach zu deutendes Hebelsystem. Um die Berechnung möglichst einfach zu gestalten, kann man, ohne wesentliche Ungenauigkeiten befürchten zu müssen, das System so abändern, daß aus dem Viereck OB'CB'' ein Quadrat wird und die Verlängerung der großen Hebelarme je mit den zwei benachbarten Seiten des Quadrats zusammenfällt. Anstelle der Kniescheibe kann man sich am Schnittpunkt der oben genannten beiden Richtungen eine Rolle eingesetzt denken, über die ein Band verläuft, welches das Analogon zu Kniescheibenband, Kniescheibe und Quadrizepssehne darstellt. Ein solches vereinfachtes System ist in Figur 2 dargestellt. Wenn sich nun, wie das beim Menschen der Fall sein kann, die zwei Teile jedes der beiden Hebelarme wie 10 : 1 verhalten, ergibt eine einfache Rechnung unter Zugrundelegung der Hebelgesetze und des Gesetzes vom Parallelogramm der Kräfte folgendes. Wenn man sich das System von oben nach unten an den langen Armen der Hebel mit einer Kraft zusammengedrückt denkt, welche dem Gewicht des Körpers abzüglich des Unterschenkels — also beispielsweise 75 kg oder $1\frac{1}{2}$ Ztr. — entspricht, so übt das Band auf die Rolle einen Druck = 15 Ztr. aus, und die Spannung des Bandes ist ungefähr = 11 Ztr. Diese beiden Zahlen entsprechen ungefähr dem Druck der Kniescheibe gegen ihre Unterlage und der Spannung des Quadrizeps. Auf die Berechtigung, die Kniescheibe einfach durch einen Teil des Bandes, ihre Unterlage, die Kondylenpartie des Oberschenkels durch die Rolle zu ersetzen und diese in der angegebenen Weise gegen den Schnittpunkt der Richtungen des Kniescheibenbandes und der Quadrizepssehne zu verlegen, sei hier nicht eingegangen. Daß dieses Vorgehen logisch richtig ist, muß einer genaueren Darstellung [1]) vorbehalten bleiben. In dieser wird weiter gezeigt werden, daß es keine besonderen Schwierigkeiten macht, die Rechnung auch für schiefe Winkel, ebenso auch für den Fall der

1) Beiträge zur klinischen Chirurgie, Bd. 130.

Zwischenschaltung einer Platte durchzuführen, wie eine solche die Kniescheibe darstellt. Die sich hierbei ergebenden Zahlen gehören durchaus in dieselbe Größenordnung wie die oben auf Grund unseres einfachen Schemas ermittelten.

Das Ueberraschende dieser Untersuchung sind nun die hohen Werte für die Druckkraft der Kniescheibe gegen ihre Unterlage und die Spannung des Quadrizeps. Damit haben wir aber bei Weitem noch nicht die höchstdenkbaren Zahlen erreicht, denn wir haben ja bisher als die auf das System einwirkende Kraft nur das Gewicht des ruhenden Körpers angenommen. Ist der Körper im Falle eines Sturzes oder eines Sprunges aus einer gewissen Höhe in Bewegung, so kommt zu der Kraft, welche durch das Gewicht des Körpers repräsentiert wird, noch eine Stoßkraft hinzu, so daß möglicherweise der für die Berechnung einzusetzende Wert der belastenden Kraft das Gewicht des ruhenden Körpers erheblich, vielleicht um ein Mehrfaches übertrifft.

Bezüglich der genaueren Ausführung muß auch hier auf eine eingehende Darstellung anderen Ortes verwiesen werden.

Endlich kommt aber noch hinzu, daß für die Entstehung einer Fraktur im Gelenkknorpel und Knochen garnicht maßgebend ist die Kraft, mit der die Kniescheibe gegen ihre Unterlage gedrückt wird, sondern der Druck, d. h. die Kraft berechnet auf den qcm. Wenn nun, wie aus den Leichenversuchen hervorgeht, die Berührungsfläche zwischen Kniescheibe und Kondylus medialis sehr klein ist, so lastet die ganze Kraft auf dieser kleinen Fläche, d. h. der Druck kann außerordentlich hoch werden.

Unter Berücksichtigung aller dieser Momente macht es keine Schwierigkeit, sich vorzustellen, daß Drucke auftreten können, die bei Weitem denjenigen Druck übersteigen, der notwendig ist, um eine Fraktur an der kritischen Stelle herbeizuführen. Der oben angeführte Wert, welchen B u c h n e r und R i e g e r errechnet haben, der ja auch nach deren Ansicht nur das erforderlche Minimum darstellen sollte, ist sicher viel zu klein, um in Wirklichkeit eine Fraktur herbeizuführen. Aber auch wenn wir ihn sehr viel größer annehmen, erheben sich keinerlei Bedenken gegen die Annahme, daß die im Kniegelenk denkbaren Drucke die Fraktur herbeiführen können.

Man wird jetzt natürlich fragen, ob der Q u a d r i z e p s imstande ist, eine solche Spannung, wie wir sie errechnet haben, also 11 Ztr., unter Berücksichtigung der Stoßkraft vielleicht noch ein Mehrfaches davon, aufzubringen. Da ergibt nun eine Berechnung auf Grund des Wertes der absoluten Mukelkraft und des Querschnittes des Quadrizeps aus den Zahlen des schon erwähnten Fick'schen Lehrbuches, daß der Quadrizeps bei mittlerer Gelenkstellung eine Spannung, die einem Gewicht von 30 Ztr. gleichkommt, aufbringen kann. Dabei ist dies nur ein Mittelwert, der gelegentlich sicher

noch bei Weitem übertroffen wird. Dieser auf ganz andere Weise errechnete Wert stimmt nun vorzüglich mit dem durch unsere Untersuchung Gefundenen überein, soweit die allgemeine Größenordnung dieser Zahlen in Frage kommt. Wir müssen nachträglich sagen, aus der enormen Spannkraft des Quadrizeps, wie sie die Berechnung auf Grund der Muskelkraft ergibt, muß man an sich schon den Schluß ziehen, daß diese Werte ein Analogon in den Druckkräften haben müssen, welche im Kniegelenk auftreten. Somit ist dies eine Stütze für die Richtigkeit unserer Berechnung.

Um das Fehlen des adäquaten Traumas in der Anamnese bei unseren Fällen zu erklären, fehlt uns nun nur noch die einfache Ueberlegung, daß die kritische Stelle am Kondylus medialis, an der die Fraktur erfolgt, keine sensiblen Fasern hat, mithin der Vorgang der Fraktur garnicht oder höchstens sehr wenig schmerzhaft zu sein braucht. Wenn also die Gegner der mechanischen Genese der freien Gelenkkörper behaupteten, zur Aussprengung der letzteren gehörten ganz enorme Gewalten und diese könnten niemals in Vergessenheit geraten, so ist dem zu entgegnen, daß sie verwechseln: Größe der Gewalt und Folgen der Gewalt. Erstere wahrzunehmen haben wir kein Organ; nur wenn die Gewalt zu Zerstörungen führt, bei denen Schmerzen, Funktionsstörungen, leicht sichtbare Veränderungen entstehen, ziehen wir einen Schluß auf die Größe der stattgehabten Gewalteinwirkung; wo derlei fehlt, bleibt sie unbemerkt.

Hiermit haben wir nun wirklich alles, um zunächst für unsere typischen Fälle das Fehlen des adäquaten Traumas in der Anamnese befriedigend zu erklären, und wenn das für diese möglich ist, so steht dem nichts im Wege, diese Erklärung für alle Fälle zu verallgemeinern. Damit ist das einzige wirklich gewichtige Bedenken gegen die mechanische Entstehung der freien Gelenkkörper beseitigt.

Für die allgemeine Pathologie ergibt die Erkenntnis, daß in den großen Gelenken sehr hohe Druckkräfte auftreten können, neue Gesichtspunkte, unter denen eine Deutung vieler pathologischer Veränderungen erfolgen kann. So wäre insbesondere zu untersuchen, inwieweit die pathologischen Veränderungen, welche wir als spezifisch für gewisse Gelenkerkrankungen, so vor Allem die Arthritis deformans und die neuropathischen Gelenkerkrankungen, ansehen, mit bedingt sind durch die ungemein hohen Druckkräfte, welche infolge der mechanischen Verhältnisse in den Gelenkenden auftreten können. Auch noch in anderer Richtung werden aus den gewonnenen Erkenntnissen noch mancherlei Konsequenzen zu ziehen sein, es muß hier aber wieder auf die ausführlichere Darstellung [1]) verwiesen werden.

1) a. a. O.

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg

Nr. 5 August 1923

Neues über die Echinokokkusflüssigkeit.

Von Dr. O. Flößner.

Cuticula wie Flüssigkeit der Zysten von Taenia echinococcus sind schon mehrfach Gegenstand eingehenderer Untersuchungen gewesen. Doch trotz der pathologischen Bedeutung dieses Parasiten liegen die Arbeiten mehrere Jahrzehnte zurück. Während nun verschiedene Beobachtungen der Hüllen insofern zu einem einheitlichen Ergebnis kamen, daß sie in ihnen einen Verwandten des Chitins fanden, sind die Angaben hinsichtlich der Bestandteile der Echinokokkenflüssigkeit nicht gleich, zum Teil widersprechend. Aufgefallen war allen früheren Untersuchern der geringe Eiweißgehalt, eine Eigenschaft, die sie in Beziehung zu den eiweißarmen Transsudaten brachte. Es fehlte ferner Kreatin, Kreatinin, Harnstoff und Harnsäure, während Zucker nicht ständig gefunden wurde. Heintz[1]) hat dann als erster 1850 Bernsteinsäure nachgewiesen, nachdem er die gefundene Säure erst als Benzoesäure, dann als Hippursäure und schließlich als Oxalsäure angesprochen hatte. Der Nachweis der Bernsteinsäure ist später aber chemisch und analytisch keinem Beobachter mehr sicher geglückt. Weder von Recklinghausen[2]) noch Lücke[3]) oder Munk[4]) konnten mehr als eine Vermutung hinsichtlich des Vorkommens der Bernsteinsäure in der Echinokokkusflüssigkeit aussprechen. Auch die Angabe Munks, Harnstoff und Kreatin gefunden zu haben, wurde nicht bestätigt. Als sich daher die Möglichkeit ergab, Echinokokkusflüssigkeit untersuchen zu können, war uns diese Gelegenheit doppelt willkommen, um einerseits die bisherigen Untersuchungsergebnisse nachzuprüfen, andererseits die Flüssigkeit mit neueren Methoden aufzuschließen, wie sie von Kutscher eingeführt sich grade zur Untersuchung tierischer Extrakte hervorragend bewährt hatten. Es handelte sich dabei um den Leberechinokokkus eines

1) Jenaische Annalen für Physiologie und Medizin, Bd. 1, S. 180.
2) Virchows Archiv 14, S. 466, 1858.
3) Virchows Archiv 19, S. 196, 1860.
4) Virchows Archiv 63, S. 560, 1875.

Erwachsenen, der durch Exstirpation mit Resektion eines Leberlappens gewonnen war.

Im ersten Teil der Arbeit wurde ein essigsaurer Extrakt derjenigen Substanzen untersucht, die sich beim Eindampfen der Flüssigkeit ausgeschieden hatten. In ihm wurden folgende Elemente nachgewiesen: reichlich Natrium und Chlor, in geringen Mengen Calcium, Magnesium, Kalium und Ammonium; dementsprechend wurden nur wenig Karbonate, Sulfate und Phosphate nachgewiesen. Es sind dies gerade die gleichen Elemente, die auch im menschlichen Blut vorkommen, und ihr Vorhandensein erklärt auch den Befund, daß der Gefrierpunkt der Echinokokkusflüssigkeit gleich dem des menschlichen Blutes ist. Eiweiß und Traubenzucker wurden auch in kleinsten Mengen nicht festgestellt. Wohl fand sich dagegen Glykogen in der Flüssigkeit. Frühere Autoren haben nur ein Monosaccharid nachweisen können. Es besteht deshalb große Wahrscheinlichkeit für die Annahme, daß in jenen Fällen ein Uebergang des Glykogens in Glukose stattgefunden hat, während bei unserer Untersuchung die rasche und sichere Konservierung die chemischen Verhältnisse so bewahrt hat, wie sie im Leben bestanden.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde die wiederaufgenommene Flüssigkeit bis zum Sirup eingedampft und nach der üblichen Reinigung auf organische Basen untersucht, was bisher noch niemals geschehen war. Dazu wurde sie mit Phosphorwolframsäure gefällt. In den aus der Phosphorwolframsäurefällung gewonnenen Chloriden entstand auf Zugabe von Goldchlorid ein Kristallbrei von feinen Blättchen. Sprach schon das Aussehen für das Aurat des Glykokollbetains, so bestätigte die Bestimmung des Schmelzpunktes und des Goldgehaltes diese Annahme. Die erhaltenen Werte von 223° und 43,2 % stimmten gut zu den berechneten von 224° und 43,14 %. Sie blieben gleich auch nach mehrfachem Umkristallisieren. Auch die Kohlenstoff-, Wasserstoff- und die Stickstoffanalysen ergaben gut stimmende Werte. Aus den vereinigten Fraktionen des Betaingoldchlorids wurde das Chlorid dargestellt, das in farblosen Tafeln kristallisierte und bei 227,5° schmolz. Der geforderte Wert liegt zwischen 227° und 228°, sodaß auch hierdurch ein weiterer Beweis für die Richtigkeit der Identität geliefert wurde.

Das Filtrat der Phosphorwolframsäurefällung wurde nach der gewöhnlichen Vorbehandlung im Extraktionsapparat mit Aether extrahiert. Im Aetherextrakt konnte eine mit Wasserdampf flüchtige Säure in ganz geringer Menge kristallisiert dargestellt werden, leider reichte die erhaltene Menge zur Analyse nicht aus. Aus den mit Wasserdampf nicht flüchtigen Säuren erhielten wir Kristalle einer Säure, die sublimierten und dabei Hustenreaktion gaben; aber erst nach sehr langen, mühsamen Fällungen lieferten sie ein analysierbares Silbersalz. Auch dieses war zuerst nicht rein, gab aber

schließlich nach mehrfachem Umkristallieren konstante Silberwerte. Dieses Silbersalz gab beim Verbrennen ebenfalls Hustenreaktion. Aus der Analyse geht klar hervor, daß es sich dabei um bernsteinsaures Silber handelte.

Von einem anderen Teil der mit Wasserdampf nicht flüchtigen Säuren wurde das Zinksalz hergestellt, es schieden sich feine Kristalle ab, die als milchsaures Zink anzusprechen waren.

Aus den Mutterlaugen des Betains wurden nach nochmaliger Phosphorwolframsäurefällung die Silberfällungen nach der Methode von Kutscher dargestellt. Dabei wurden Alloxurkörper in geringer Menge nachgewiesen; Arginin und Histidin fanden sich in den entsprechenden Fraktionen fast überhaupt nicht vor.

Fassen wir unsere Befunde zusammen, so haben wir in der Echinokokkusflüssigkeit außer den zum Teil schon bekannten Elementen nachgewiesen: Glykogen, Betain, Bernsteinsäure, Milchsäure, Alloxurkörper. Bezüglich des Glykogens ist die Frage aufzuwerfen, ob nicht dieses Polysaccharid aus der Leber des Wirtes stammt. Wenn es auch unwahrscheinlich ist, so ist doch darauf hinzuweisen, daß bei anderem Sitz der Zyste, so z. B. bei Lungenechinokokkus, auch kein Monosaccharid, also überhaupt kein Kohlenhydrat, gefunden wurde. Durch die Darstellung des Silbersalzes der Bernsteinsäure ist der Befund von Heintz wieder bestätigt worden und damit endgültig der Nachweis über das Vorkommen dieser Säure in der Echinokokkusflüssigkeit erbracht. Es ist dies nur dadurch gelungen, daß wir die bisher hierzu noch nicht benutzte schwerlösliche Silberverbindung dargestellt haben, sonst wären auch wir wie die früheren Autoren nur zu unsicheren Angaben gelangt.

Bedeutsam ist vor allem das Vorkommen des Betains in der Echinokokkusflüssigkeit. Früher hatte man angenommen, daß sich das Betain als Glykokollbetain auf das Pflanzenreich beschränke und es dort bei zahlreichen Pflanzen, wie Runkelrüben, Gerste, Hafer, Tabak, Kartoffelblättern, Baumwollsamen, Eibischwurzeln, gewöhnlich von Cholin und Trigonellin begleitet, vorgefunden. Der Nachweis des Betains aber durch Brieger [1]) in der Miesmuschel, durch Kutscher und seine Schüler [2]) bei den Crustaceen, Octopoden, Vermes und Selachiern, durch Henze [3]) im Oktopusmuskel ließen erkennen, daß wir in dem Betain wahrscheinlich einen

---

1) Ptomaine 3, 1886.

2) Kutscher u. Ackermann: Ztschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genußmittel, Bd. 13, S. 180, 610; Bd. 14, S. 687, 1907.
Ackermann: Ztschr. f. Biol. 75, S. 319.
Suwa: Pflügers Arch. 128, S. 421.

3) Henze: Ztschr. f. physiolog. Chemie, Bd. 70, S, 253.

weitverbreiteten Bestandteil des tierischen Organismus überhaupt besitzen, sicher aber einen solchen des Kaltblüters. Die Betaine gehören damit zu den sogenannten Aporrhegmen, worunter nach Kutscher alle diejenigen Bruchstücke der Aminosäuren aus Eiweiß zu verstehen sind, die aus ihnen auf physiologischem Wege im Leben der tierischen wie pflanzlichen Organismen durch Methylierung und andere Prozesse entstehen können.

Im Anschluß an den letzten Vortragsabend dieser Hohen Gesellschaft ist noch eine wichtige Schlußfolgerung aus unserem Ergebnis zu ziehen. Wir wissen, daß das Serum von Menschen wie auch Tieren, die in ihrem Organismus Taenia echinococcus beherbergen, eine Komplementbindungsreaktion aufweist. Da aber wir wie die meisten Untersucher die Echinokokkenflüssigkeit eiweißfrei gefunden haben, wird hier das Bordetsche Phänomen nicht durch Eiweißstoffe hervorgerufen, sondern sehr wahrscheinlich durch kompliziertere Aporrhegmen.

Die Durchführung der Untersuchungen war nur dadurch möglich, daß uns von der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft eine Mikrowage (Fabr. Sartorius mit Zeigerskala von W. Spörhase-Gießen) zur Verfügung gestellt wurde, für deren rasche Ueberlassung wir Herrn Dr. Stuchtey zu besonderem Dank verpflichtet sind.

Sitzungsberichte
der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg

Nr. 5 August 1923

Spirochäten und Paralyse.

Von A. Scharnke.

Die progressive Paralyse ist eine Infektionskrankheit, deren Erreger wir kennen. Dieser Erreger, die Spirochäte pallida, verursacht auch sonst im Körper vielerlei Krankheitserscheinungen, in der Haut, in der Leber, in den Knochen, in den Blutgefäßen, im Auge, in den Hirnhäuten, ja sogar, bei der Hirnlues, im Gehirn selbst, und allen diesen Krankheitserscheinungen können wir therapeutisch beikommen, können sie heilen, mit den alten Mitteln Hg und Jod oder mit den neuen Salvarsan und Wismut. Nur bei der Paralyse versagen alle diese Mittel. Das muß seine besonderen Gründe haben! Diese können liegen 1. im Wesen der Hirnerkrankung selbst, in ihrer Pathogenese, etwa in ihrer anatomischen Eigenart, oder 2. in besonderen Eigenschaften, in der Konstitution des ganzen paralytisch erkrankten Menschen oder aber 3. in Eigenschaften des Krankheitserregers, etwa in einem sog. virus nervosum. Aus diesen drei Möglichkeiten ergibt sich eine natürliche Disposition für die folgenden Erörterungen.

I. Vom Wesen des paralytischen Krankheitsprozesses.

a) Der Begriff der Paralyse und ihrer Eigenart wird vielleicht am besten klar aus seiner historischen Entwicklung. Schon seit Mendel (1880) und Hirschl (1896) weiß man, daß in der Vorgeschichte der Paralyse, d. h. der unter körperlichen Lähmungserscheinungen zur Verblödung und zum Tode führenden Geisteskrankheit, die Lues eine besonders wichtige Rolle spielt. Diese auf statistischem Wege gewonnene Erkenntnis, von Möbius in dem Satze zusammengefaßt: „Ohne Lues keine Paralyse" fand ihre Bestätigung durch die Wassermann'sche Reaktion (Plaut 1907/08), und seit dieser Zeit sind alle zwar paralyseähnlichen, aber nicht auf Lues zurückführbaren Hirnprozesse vom Paralysebegriff streng getrennt worden (saturnine, diabetische, alkoholische traumatische, hirnluetische Pseudoparalysen). Mit Notwendigkeit mußte

sich aber mit dieser Reinigung des Paralysebegriffs auch der Begriff der Metalues einstellen, weil die auf dem Boden der Syphilis erwachsende Paralyse (und ebenso die Tabes) in so vielen und bedeutenden Punkten von allen andern Manifestationen der Syphilis weit abwich: 1. Man fand zunächst keine Spirochäten, die doch bei der Hirnlues meist zu finden sind; 2. auch die Histopathologie der Paralyse wich von der der Hirnlues weit ab, indem weder die meningitische noch die gummöse noch die endarteriitische Form der Hirnlues auch nur im entferntesten dem spezifisch paralytischen Zerstörungsprozeß zu ähneln schien; 3. die Länge der Incubations- oder besser gesagt der Latenzzeit bei der Paralyse — in der großen Mehrzahl der Fälle 10—15 Jahre — und 4. das refraktäre Verhalten gegenüber den bei der Hirnlues wirksamen Mitteln waren weitere Unterscheidungsmerkmale, und so konnte es nicht ausbleiben, daß man schließlich die Metalues gar nicht mehr als richtige Lues ansah, sondern nach einem „Bindeglied" zwischen ihr und der Lues suchte (Kraepelin). Während sich der Begriff der Metalues durch das Versagen der Salvarsantherapie bei Paralyse und Tabes noch zu befestigen schien, wurde er plötzlich, 1913, seiner stärksten Stütze beraubt, als Noguchi in der paralytischen Rinde die Spirochäte auffand. Eine völlige Wendung der Anschauungen schien einzutreten, als Jahnel von 1916 ab durch seine besonderen Färbemethoden zeigen konnte, daß die Spirochäte in der paralytischen Rinde nicht ein seltener, sondern sehr wahrscheinlich ein regelmäßiger Gast ist und daß sie ebenda oft in ungeheuren Mengen nachweisbar ist.

Aber es blieb dann doch beim Begriff der Metalues; denn es zeigte sich auch, daß der gesamte übrige Körper des Paralytikers mit Ausnahme der Aorta von Spirochäten sehr wahrscheinlich dauernd oder fast dauernd frei ist! Alle andern Organe also (außer der Aorta) bezw. der ganze Körper wird mit der Lues fertig, nur das Gehirn nicht! Während die sekundäre Lues geradezu als Septikämie bezeichnet werden kann (Uhlenhuth), handelt es sich bei der Paralyse ganz im Gegensatz dazu um eine isolierte Spirochätose des Gehirns, an der sich der übrige Körper nicht beteiligt! (Die Verhältnisse liegen hier also ganz anders als bei der Tuberkulose! Da sehen wir neben einer schweren Lungentbc. nur allzu oft die Kehlkopf-, Darm-, Knochen- und Gelenktbc. und schließlich die Miliartuberkulose.) Die Lehre von der isolierten Hirnspirochätose fand ihren prägnanten Ausdruck in der besonders von Kafka verfochtenen Ansicht, daß die Quelle der positiven Wassermann'schen Reaktion bei der Paralyse im Gehirn zu suchen sei, d. h. in den Stoffen, die der spezifischen Einwirkung der Spirochäten auf das Hirngewebe ihre Entstehung verdanken; mit Notwendigkeit erwuchs daraus die übrigens schon 1916 von Edel und Pio-

trowski vertretene Anschauung, daß es bei der Paralyse vor allem auf dn Liquorwassermann ankomme und daß dieser nicht selten stärker positiv sei als der Wassermann im Blut; ja Kafka glaubte das Ueberwiegen des Liquor- über den Blutwassermann in nahezu 20 % annehmen zu können. Er hat mit dieser Zahl wohl zu hoch gegriffen, aber im Grunde doch wohl recht behalten, trotz der scharfen Ablehnung durch Plaut. Eine neueste Arbeit von Eskuchen berechnet, daß 5,55 % der untersuchten Paralytiker positiven Wassermann im Liquor haben bei negativer Blutreaktion. (Natürlich handelt es sich dabei nicht etwa um eben spezifisch behandelte Fälle.)

Es gehört wohl auch hierher, daß der Liquor des Paralytikers, wie ich mit Ruete feststellen konnte, im Dunkelfeld viel stärker immobilisierend auf Spirochäten wirkt als das Serum des gleichen Kranken.

Die Liquorstudien ergaben aber auch, wie wiederum Kafka besonders betonte, daß bei der Paralyse die entzündlichen Reaktionen (Lymphocytose und Eiweißvermehrung) erheblich schwächer ausgeprägt sind als bei der Hirnlues, wenigstens als bei deren meningitischer Form. Auch daraus kann man vielleicht auf eine Schwäche der Abwehrreaktion beim Paralytiker schließen, bezw. darauf, daß sich beim Paralytiker der Gesamtkörper an dieser Abwehrreaktion nicht beteiligt. Auch hier also ein deutlicher Unterschied zwischen Lues und Metalues.

Eine besondere, vielleicht fast die allein wirksame Rolle bei der Abwehrtätigkeit weist wohl auch die Ehrlich'sche Theorie von der Paralyse gerade dem Gehirn zu, wenn Ehrlich annimmt, „daß die im Gehirn vorhandenen Sp., wenn sie eine gewisse Wucherungsintensität erreicht haben, schließlich einen potenten Antikörper auslösen, der mehr oder weniger die im Gehirn vorhandenen Sp. abtötet und so eine scheinbare Heilung, die Remission, einleitet. Eine Neuerkrankung folgt dann, wenn die vereinzelt zurückgebliebenen Sp. sich dem Antikörper angepaßt haben und so eine neue Propagation gewinnen". Da die Sp. bei der Paralyse fast nur im Gehirn vorkommen, wird man sich die Bildung der hypothetischen Antikörper am leichtesten im Gehirn denken können.

b) Eine fortschreitende Entwicklung zeigte auch die histopathologische Auffassung des paralytischen Krankheitsprozesses. Nachdem Tuczek in seiner grundlegenden Arbeit die organische Natur der paralytischen Erkrankung sichergestellt hatte und zunächst bald die degenerative, bald die entzündliche Seite dieses Prozesses mehr beachtet worden war, ergab sich für Nissl und Alzheimer aus ihren klassischen Arbeiten (um 1900) die Auffassung, daß bei der Paralyse regelmäßig entzündliche Veränderungen im Mesoderm und degenerative Veränderungen am Ektoderm

nebeneinander und weitgehend unabhängig von einander vorkommen, und zwar handle es sich im ektodermalen Gewebsanteil um regressive Umwandlung des funktionstragenden Gewebes und progressive Veränderungen der Glia. Die genannten Autoren lehrten, „der im allgemeinen von der Gefäßerkrankung unabhängige Schwund des nervösen Gewebes gehöre zum Wesen der Paralyse und bedeute histologisch das Metaluetische gegenüber den luetischen Erkrankungen". Die im Gefäßbindegewebsapparat massenhaft auftretenden Plasmazellen wurden von Nissl bis zuletzt als hämatogen angesprochen. Der eben genannte Unterschied des Metaluetischen vom Luetischen besteht auch heute noch.

Neue Gesichtspunkte brachten Jakobs Untersuchungen in dies anscheinend abgeschlossen gewesene Gebiet. Dieser Autor konnte nachweisen, daß wenigstens bei den sogenannten Anfallsparalysen die vorher nur als Seltenheit gefundenen miliaren Gummen häufig, vielleicht regelmäßig vorkommen, und er sah in ihnen eine „ungenügende lokalentzündliche Gewebsreaktion", der es nicht gelinge, mit den eingedrungenen Sp. fertig zu werden; Jakob schloß daraus folgerichtig auf eine ungenügende Abwehrreaktion des ganzen Körpers als Ursache der Paralyse. Andererseits schlug er mit der Auffindung eines vielleicht fast regelmäßigen Vorkommens miliarer Gummen histopathologisch gewissermaßen eine Brücke zwischen Hirnlues und Metalues. Doch geht aus dem bisher Gesagten deutlich genug hervor, daß der Unterschied zwischen Lues und Metalues trotz der Auffindung der Sp. in der Rinde bestehen bleiben wird!

Wieder einen neuen Gesichtspunkt brachte dann Schröder in das Paralyseproblem, indem er die Möglichkeit einer lymphogenen Entstehung der Plasmazellen betonte und damit zugleich die entzündliche Natur des Prozesses an den Gefäßen in Frage stellte. Denn von Entzündung im klassischen Cohnheim'schen Sinne (Auswanderung von Leukocyten und Erythrocyten aus den Gefäßen ins umliegende Gewebe, auch ins Parenchym) könnte bei lymphogener, womöglich durch Rückstauung zu erklärender Herkunft der Plasmazellen in den Gefäßscheiden nicht mehr recht die Rede sein. Diese Frage ist noch im Fluß. Sie hat neues Interesse gewonnen durch die Untersuchungen von Spatz über den Eisengehalt des gesunden und bes. des paralytischen Gehirns. Spatz und wohl schon vor ihm Lubarsch fanden im Gegensatz zum schon früher bekannten in gewissen ektodermalen Elementen nachweisbaren Gewebs- oder Aufbaueisen bei der Paralyse — und anscheinend nur bei dieser! — in den dem Mesoderm angehörenden adventitiellen Gefäßscheiden, also da, wo auch die Anhäufungen von Plasmazellen so charakteristisch sind, aber nicht innerhalb der Plasmazellen, sondern in mesodermalen Gefäßwandzellen große Mengen grob-

scholligen „Abbaueisens", das sie als Hämosiderin ansprechen. Es liegt nahe, daran zu denken, daß dieses Eisen aus Erythrocyten stammt, aber es ist noch nicht erklärt, wie es durch die Gefäßwand hindurchkommt, auch wenn man eine Schädigung der Endothelien annimmt. Diese Frage hat aber darum so großes Interesse, weil wir, wie unten noch auszuführen ist, auch nicht wissen, wann, wo und wie die Sp. die Gefäßwand passieren, um aus dem mesodermalen in den ektodermalen Gewebsanteil zu gelangen.

Ganz besondere Wichtigkeit nun mußte von vornherein das Studium der Beziehungen der Sp. zum Hirngewebe beanspruchen, und diese Beziehungen sind besonders von Jahnel, Hauptmann, Sioli und anderen eingehenden Untersuchungen unterzogen worden. Jahnel lehrte eine bienenschwarmartige, eine diffuse und eine vasculäre Form des Sp.-Vorkommens unterscheiden; aber bei der letztgenannten Form durchwandern zwar die Sp. die Gefäßwand oder wuchern an ihr entlang, umgeben sie wohl auch wallartig; es handelt sich aber, darin scheinen sich alle Untersucher einig zu sein, nicht etwa um eine Ausbreitung des paralytischen Krankheitsprozesses durch Verschleppung der Sp. auf dem Blutgefäßwege, sondern darum, daß die mit Eigenbeweglichkeit ausgestatteten Sp. bei ihrer vermutlichen Wanderung im Hirngewebe mit Notwendigkeit auch einmal auf Gefäße stoßen und in irgendwelche Beziehungen zu denselben treten müssen.

Ganz besonders auffallend ist allen Untersuchern die Geringfügigkeit oder das völlige Fehlen einer Gewebsreaktion auf die Anwesenheit selbst sehr zahlreicher Sp. gewesen, während andererseits an Stellen höchstgradiger Gewebszerstörung sich oft gar keine Sp. finden. Jahnel dürfte die richtige Erklärung dafür gegeben haben: Die Sp.-Bilder sind Momentbilder; wenn die Sp. längst verschwunden sind, bleiben die von ihnen verursachten Gewebszerstörungen für immer sichtbar; umgekehrt können ev. Sp. massenhaft nachweisbar sein, während das Gewebe, in dem sie liegen, eine Reaktion noch nicht erkennen läßt.

Ganz besondere Beachtung verdient dann noch die Tatsache, daß es bisher selbst den geübtesten Untersuchern nicht gelungen ist, beim Paralytiker die Sp. in einem andern Organ als im Gehirn nachzuweisen; nur in der Aorta ist Jahnel der Nachweis gelungen, aber auch da handelt es sich in den wenigen positiven Fällen um vereinzelte nur durch mühevolles Suchen auffindbare Exemplare. Man kann somit wohl in der Tat von einer isolierten Spirochätose des Gehirns sprechen.

Daran ändert auch die Tatsache nichts, daß es in sehr seltenen Fällen gelungen ist, durch das Tierexperiment im strömenden Blut des Paralytikers Sp. festzustellen. Sie werden natürlich aus dem

ektodermalen Hirngewebe gelegentlich in die Blutbahn geraten können, scheinen sich aber in derselben nicht lange halten zu können.

c) Damit kommen wir der Frage näher, wie und wann denn die Sp. ins Ektoderm geraten, in den ektodermalen Anteil des Hirngewebes. Diese Frage scheint von besonderer Wichtigkeit für die ganze Frage der Entstehung der Paralyse zu sein. Sie hangt aufs engste zusammen mit den Beziehungen des ektodermalen zum mesodermalen Gewebsanteil im Gehirn. In keinem andern Organ sind die Anteile dieser beiden Keimblätter so scharf voneinander geschieden wie im Gehirn. Man kann sich das ganze Zentralnervensystem vorstellen als eine große ektodermale Gewebsmasse, die von einer mesodermalen Hülle, der Pia, umgeben ist. Diese mesodermale Hülle kleidet außerdem die zahlreichen größeren bis feinsten Kanälchen aus, von denen die ektodermale Masse durchzogen ist und in denen die ebenfalls mesodermalen Gefäße und Gefäßchen bis zu den feinsten Kapillaren verlaufen. Was wir als adventitielle Gefäßscheide der Hirngefäße bezeichnen, ist nichts anderes als die Fortsetzung des an der Oberfläche Pia genannten mesodermalen Gewebes. Dieses Gewebe nun ist sowohl als Pia als auch als adventitielle Gefäßscheide durch eine lückenlose Grenzmembran aus gliösen Elementen, die Membrana limitans Helds, vom ektodermalen Hirngewebe vollständig abgeschlossen! Weitere präformierte Lymphwege als die adventitiellen Gefäßscheiden scheint es im Gehirn nicht zu geben, die Ernährung des funktionstragenden Hirngewebes dürfte durch Diffusion erfolgen durch diese Held'sche Membran hindurch und dann intra- oder interzellulär durch die Gliazellen, zwischen denen die Ganglienzellen liegen. Die Glia ist eben nicht nur Stützgewebe, sondern hat auch eine wichtige Auf- und Abbaufunktion! Und sie scheint insbesondere einen sehr dichten Abschluß des ektodermalen gegen das mesodermale Gewebe herzustellen, sodaß für gewöhnlich eine Einwanderung von zelligen Elementen aus dem Blut in das eigentliche Hirngewebe nicht vorkommen kann.

Nach den bisherigen Untersuchungen scheint sich nun ein sehr wichtiger Unterschied zwischen Lues cerebri und Paralyse zu ergeben insofern, als bei der Lues cerebri die Sp. bisher nur oder fast nur in den mesodermalen Gewebesanteilen gefunden worden sind, also in den Meningen und im Gefäßapparat, nicht aber im ektodermalen Gewebe! Bei der Paralyse dagegen kommen sie zwar auch im mesodermalen Gewebsabschnitt vor, in der Pia sowohl als auch in den Gefäßwänden, aber, und das ist das Charakteristische, vor allem und ganz besonders zahlreich im ektodermalen Gewebe, in der eigentlichen Rinde, (bes. in der 2.—6. Brodmann'schen Schicht), ohne erkennbare Beziehungen zum Gefäßbindegewebsapparat! Danach wäre die Hirnlues eine Lues interstitialis des Ge-

hirns, die Paralyse aber eine Lues interstitialis + parenchymatosa!, und das Wesentliche des Unterschieds, das Entscheidende läge in der parenchymatösen Lagerung der Sp. bei der Paralyse. Es kann natürlich immer der Einwand gemacht werden, daß sich auch bei der Lues cerebri die Sp. noch im Parenchym finden werden, und dieser Einwand ist vorerst mangels einer genügenden Zahl hinreichend genauer Untersuchungen nicht zu entkräften. Immerhin weiß ich aus einer mir kürzlich mündlich gemachten Mitteilung Jahnels, wohl des besten Kenners auf diesem Gebiet, daß er in einem sicheren Hirnluesfall bei allergenauester Untersuchung Sp. bisher im Parenchym nicht hat finden können. Wenn Sioli bei einem Fall von ausgedehnter Endarteriitis der kleinen Rindengefäße außer zahlreichen Sp. im Gefäßgewebe auch vereinzelte Sp. im eigentlichen Parenchym gefunden hat, so verliert dieser Fall an Beweiskraft dadurch, daß er klinisch als Paralyse imponiert hatte und daß sich auch Plasmazellen und Stäbchenzellen besonders in den von der Paralyse meist bevorzugten Rindengebieten fanden; ich kann mich dem Eindruck nicht entziehen, daß Sioli einen Fall luetischer Endarteriitis mit beginnender Paralyse untersucht hat. Da der Fall durch eine nekrotisierende Dysenterie des ganzen Dickdarms kompliziert war, so könnte man in Versuchung kommen, in den aus dieser Dysenterie stammenden Toxinen eine der Ursachen der Endarteriitis oder doch des vom sonst Ueblichen etwas abweichenden histologischen Befunds zu suchen. Jedenfalls aber ist der Fall sehr beachtenswert, weil die Möglichkeit vorliegt, daß hier die ausgedehnte Endarteriitis den Sp. den Eintritt ins ektodermale Gewebe ermöglicht hat. An derartige Möglichkeiten wird man umso eher denken, als auch die Eisenablegerungen sich anscheinend gerade im Bereich der dünnstwandigen Blutgefäße finden! Denn vorerst, daran ist festzuhalten, wissen wir gar nichts Sicheres darüber, wann, wo und wie die Sp. ins ektodermale Hirngewebe hineingelangen! Wir wissen zwar, daß die Sp. nicht durchs Berkefeldfilter gehen, und über filtrierbare Entwicklungsstadien der Sp. ist uns nichts bekannt. Andererseits wissen wir aber nichts ganz Sicheres über die angebliche Vermehrung durch Teilung; Sprossungsvorgänge oder Sporenbildung werden von manchen Autoren vermutet. Das Vorkommen filtrierbarer Entwicklungsstadien würde manches erklären. Die wohl sichere Tatsache, daß die menschliche Lues sehr schnell, vielleicht schon in einem seronegativen Stadium, zur Septikämie wird und daß es im Secundärstadium in einem sehr hohen Prozentsatz auch zur Infekton der Meningen kommt, (Pleocytose bei bis zu 60 und sogar 80 % der Infizierten, bes. nach ungenügender Salvarsanbehandlung, aber, wenn auch vielleicht weniger oft, auch ohne jede Behandlung), besagt noch nichts über die Entstehung

der Paralyse, denn diese Infektion der Meningen bezieht sich ja immer nur auf mesodermale Abschnitte des Zentralnervensystems und kann somit zunächst nur zur Erklärung der Hirnlues herangezogen werden! Aber auch dabei kann man vorerst nicht erklären, von welchen Momenten die Entscheidung abhängt, ob die Infektion aus den Meningen wieder verschwindet! Es liegt ja nahe, die Infektion des Gehirns einschließlich seiner ektodermalen Teile von den Meningen bezw. vom Liquor ausgehen zu lassen. Nonne konnte aber berichten, daß zwei von ihm vorher als liquorgesund befundene Luetiker 4 Jahre später doch von der Paralyse befallen wurden. Es ist besonders Gennerich, der immer wieder behauptet, die Paralyse entstehe durch Versagen des Piaschutzes. Die erkrankte Pia werde durchlässig für den Liquor, dieser dringe ins Hirngewebe ein, mit ihm die Spirochäten, und diese fänden infolge des „Einbruchs des Liquors ins nervöse Parenchym", infolge der „Auslaugung des Hirngewebes" und der „Verwässerung des Gewebssaftes" einen ihnen zusagenden Nährboden und dadurch rasche Verbreitung. Diese Hypothese eines wohl vorwiegend dermatologisch eingestellten Forschers wird den unendlich feinen histologischen Veränderungen bei der Paralyse in keiner Weise gerecht, sie krankt unter anderem auch daran, daß Sp. im Liquor des Paralytikers sicher nur in verschwindender Menge vorkommen, und G. ist den histologischen Nachweis für seine Hypothese bisher schuldig geblieben und wird ihn wohl auch schuldig bleiben müssen. Die Frage, wie die Sp. ins ektodermale Hirngewebe hineingelangt, ist so einfach wohl kaum zu lösen.

Wir wissen aber auch gar nicht, wo sie denn in der 10—15jährigen und oft noch längeren Latenzzeit sich aufhält. Vorhanden sein muß sie ja im Körper, ist doch der Wa im Blut, anscheinend auch im Liquor oft schon jahrelang vor Ausbruch der Paralyse positiv. Aber sie kann nicht in allen Organen vorhanden sein, denn bei einer beträchtlichen Anzahl von Paralytikern bleiben die Frauen von der luetischen Infektion verschont und bringen gesunde Kinder zur Welt (wenn nämlich der spätere Paralytiker erst hinreichend lange nach der Infektion heiratet). Bei congenital syphilitischen Foeten soll die Sp. stets im Knochenmark nachweisbar sein. In welchem Schlupfwinkel sie allen Abwehrbestrebungen des späteren Paralytikers stand zu halten vermag und in welcher Form (Sporen, Dauerformen??) sie das tut, ist uns gänzlich unbekannt. Wir haben auch keinerlei Hinweis darauf, daß sie etwa schon in der Sekundärperiode ins ektodermale Hirngewebe eindringt und dort 10 Jahre und länger einen Dornröschenschlaf schläft, wie Jahnel sich ausdrückt.

d) Die geschilderten anatomischen Verhältnisse, die scharfe Trennung des ektodermalen vom mesodermalen Gewebe, ist meines

Erachtens die einzige, aber auch völlig ausreichende Erklärung für die Wirkungslosigkeit der spezifischen Luestherapie bei der Paralyse. Die Gliachutzmembran H e l d s läßt selbst körpereigene Stoffe nur mit Auswahl passieren; auch beim stärksten Ikterus bleibt das ganze ektodermale Hirngewebe frei vom Gallenfarbstoff! W e i c h - b r o d t konnte in allen Organen eines Paralytikers, der wenige Tage vor seinem Tode 4 g Salvarsan erhalten hatte, Arsen nachweisen, nur nicht im Gehirn, und nach der K n a u e r'schen Salvarsaninjektion in die Carotis gelingt es nicht, Arsen im Liquor nachzuweisen! Mit andern Worten: Hg und Salvarsan kommen gar nicht ins ektodermale Gewebe, sie bleiben im Gehirn innerhalb der Blutgefäße und vermögen den Spirochäten nichts anzuhaben. Soweit Besserungen mit Salvarsan erzielt werden — auch ich konnte schon 1914 über Remissionen nach ausgedehnter Salvarsanbehandlung berichten —, kommen sie augenscheinlich auf Rechnung der den ganzen Körper und damit auch die ganze Allergie stärkenden Arsenwirkung.

e) In diesem Zusammenhang will ich mit einigen Worten auf die zur Zeit zweifellos beste, weil erfolgreichste Behandlung der Paralyse, auf die sogen. Malariatherapie eingehen. Sie ist 1917 von W a g n e r v o n J a u r e g g inauguriert und seitdem außer in Wien bes. in Hamburg durch W e y g a n d t geübt worden. Die Kranken — es müssen noch kräftige rüstige Menschen sein — machen etwa 12 Fieberanfälle durch; dann wird die Malaria durch Chinin kupiert, und es stellt sich allmählich, im Lauf von Wochen und Monaten der Erfolg ein. W e y g a n d t berichtet, daß über 50 % der Kranken gute und sehr gute Remissionen von jahrelanger Dauer haben, d. h., daß sie wieder berufsfähig werden, auch in geistig anstrengenden Berufen. Auffälligerweise bleibt der Liquorbefund auch bei den sehr gebesserten oder geheilten (?) Fällen bisweilen „verzweifelt schlecht", Rückfälle sollen aber so gut wie gar nicht vorkommen. W e y g a n d t spricht sich nicht näher darüber aus, wie er sich die Wirkung der Malariaimpfung auf den paralytischen Prozeß vorstellt, er sagt nur, „bei der Erzeugung der Malaria-Immunkörper erfolgt eine Mitaktivierung von Schutzstoffen gegen das luische Virus". Ich selbst glaube am ehesten noch, daß es sich dabei um die Wirkung der postinfektiösen Lymphocytose handelt, von deren Vorkommen nach Malaria besonders B r u g s c h - S c h i t t e n h e l m und S c h i l l i n g berichten. Auch die Lymphocytose im Liquor und die Lymphocyten- und Plasmazellmäntel sind doch wohl zweifellos ein wenn auch ungenügender Abwehrversuch gegen die Sp., und vielleicht hat B e r g e l recht, wenn er glaubt, daß die Lymphocyten ein gegen die lipoiden Anteile des Luesantigens gerichtetes „amboceptorartiges lipatisches Proferment" produzieren. Die Paralysetherapie müßte dann plan-

mäßig auf die Erzielung einer Lymphocytose ausgehen. Eine Leukocytose könnte natürlich nichts nützen, denn die Leukocyten gelangen bei der Paralyse nicht ins ektodermale Hirngewebe und können daher die ihnen eigene phagocytäre Schutzwirkung nicht ausüben. Es erscheint mir bemerkenswert, daß mehrere von mir mit Versuchen aktiver Immunisierung behandelte Paralytiker so lange in gutem Zustand blieben, als sie hohe Lymphocytenwerte im Blut nachweisen ließen.

II. Vom Wesen bezw. von den besonderen Eigenschaften des paralytisch erkrankenden Menschen.

Die vorstehenden Erörterungen haben wohl deutlich gemacht, weshalb wir der einmal ausgebrochenen Paralyse bezw. den bereits im ektodermalen Hirngewebe liegenden Spirochäten nicht beizukommen vermögen; aber sie haben uns nichts gesagt über die Frage, wer denn von den vielen Syphilitikern später paralytisch erkranken muß, mit andern Worten, nach welchen Ursachen sich die Auswahl der auf 4—6 % geschätzten späteren Paralytiker aus der Gesamtzahl der Syphilitiker richtet. Naturgemäß kommen da zwei Momente in Frage, 1. konstitutionelle Eigentümlichkeiten des späteren Paralytikers und 2. eine besondere Neurotropie der Spirochäten, also ein sogen. virus nervosum. Beide Fragen sind noch nicht zur Entscheidung gebracht worden.

a) Besondere konstitutionelle Momente hat schon Obersteiner angenommen, und Naecke hat in ausführlichen Arbeiten die Lehre von einer besonders gearteten Paralysedisposition, die von der Disposition zu anderen Psychosen durchaus zu trennen sei, zu begründen gesucht (Paralyticus nascitur atque fit) (1898/99). Auch ich selbst habe in mehreren Arbeiten diese Ansicht vertreten, und auch Junius und Arndt betonen in ihrer großen Paralysearbeit (1908), daß gewisse Klassen von Stammgästen der Anstalt, die schweren Gewohnheitstrinker, merkwürdiger Weise nicht paralytisch werden zu können scheinen. Sibelius'sche und Stein'sche Arbeiten und eigene Untersuchungen haben es mir als möglich erscheinen lassen, daß man diese besonders geartete Disposition auch anatomisch fassen kann; findet man doch bei den Paralytikern viel häufiger als bei Geistesgesunden und auch häufiger als bei andersartigen Geisteskranken gewisse Anomalien im Rückenmark, (Verlagerungen von Zellverbänden, Verdoppelungen und andere Anomalien des Zentralkanals, Juxtaposition der Clarkeschen Säulen, Formänderungen der Hinterhörner usw.), im Kleinhirn (Doppelkernigkeit und Verlagerungen der Purkinjeschen Zellen) und im Großhirn selbst (Mikrogyrie und Aehnliches, Naecke). Pilcz hat darauf hingewiesen, daß man

unter Paralytikern ganz auffällig wenig Tätowierte und sonstige Degenerierte findet, und mir selbst ist besonders aufgefallen, daß Epileptiker anscheinend nicht zur Paralyse disponiert sind.

Die Annahme einer besonderen zur Paralyse disponierenden Konstitution hat dann in den letzten Jahren einen moderneren Ausdruck gefunden in der Annahme einer „I m m u n s c h w ä c h e“, also einer mehr serologischen bezw. cellulären Eigentümlichkeit der Art, auf das luetische Virus zu reagieren. Bei G e n n e r i c h und G ä r t n e r vermischt sich diese Hypothese mit der Annahme, daß in unseren Breiten bereits vielfach oder allgemein ein durch Behandlung abgeschwächtes Virus übertragen werde und daß dieses Virus nur eine mangelhafte Allergie auszulösen vermöge; diese mangelhafte Allergie oder gar Anergie des menschlichen Körpers sei die Ursache der Metalues.

Zu ähnlichen Schlüssen kam J a k o b auf Grund der von ihm gefundenen „mangelhaften Gewebsreaktion“. Er findet „unspezifische diffuse kleinzellige Entzündung und Parenchymzerfall, wobei eine Unmenge von Parasiten das Gewebe überschwemmen, im Gegensatz zu den spezifischen Entzündungsreaktionen“. Auch die gummösen Bildungen im Gehirn bei der Paralyse seien nur eine ungenügende, zwar spezifische, aber bald erlahmende Gewebsreaktion. Die Entzündung werde bald diffus und nehme unspezifischen Charakter an.

Damit stimmt gut überein, daß die Luetinreaktion bei der Paralyse seltener und dann schwächer positiv ist als bei der Hirnlues.

Nachdem ferner seit langem aufgefallen ist, daß Paralyse anscheinend besonders häufig im Gefolge „leichter“, mit wenig Hauterscheinungen verbundener Lues auftritt (dieser Eindruck der Autoren ist freilich schwer zahlenmäßig zu beweisen), haben zahlreiche Forscher geglaubt, in der mangelhaften Schutzwirkung der Haut, in der zu gering entwickelten „Esophylaxie“, die Ursache der Paralyse sehen zu müssen, und diese Annahme ist einer der Bausteine der H a u p t m a n n 'schen Theorie. Aber dem ist doch manches entgegen zu halten: In den Tropen gibt es neben schwerer auch sehr viele sehr leichte Lues und doch fast gar keine Paralyse! Besonders schwere Hauterscheinungen finden wir gerade bei der sogen. Lues maligna, und diese ist doch sicher nicht gutartig. Umgekehrt schließen auch manche Syphilidologen daraus, daß der Kranke von seiner Lues wenig merkt, gerade auf eine besonders kräftige erfolgreiche Allergie.

Hier sind also zweifellos noch erhebliche Widersprüche zu beseitigen. H a u p t m a n n nimmt weiter an, bei der Paralyse handle es sich, eben wegen der mangelhaften Allergie, um eine zweifache Wirkung der Spirochäten: 1. wirkten sie, als Parasiten, entzün-

dungserregend; daher die Plasmazellinfiltrate usw.; 2. aber, und das hält H a u p t m a n n für besonders wichtig, wirkten die Sp. als parenteral einverleibtes Eiweiß, also toxisch, auf den menschlichen Organismus, in erster Linie auf das Gehirn; daher die degenerative Komponente des Hirnprozesses. Denn, so meint er, die Sp. werden bei der Paralyse extracellulär verdaut anstelle der bei der Lues sonst stattfindenden intracellulären Verdauung.

Aber auch diese Theorie kann nicht erklären, wie denn die Sp. ins ektodermale Hirngewebe hineinkommt — zu dieser Frage äußert sich H a u p t m a n n gar nicht — und warum dasselbe Virus, zum Beispiel bei Ehegatten, nur den einen paralytisch werden läßt; sie sagt auch nichts über die Herkunft der Plasmazellen und des Abbaueisens, und wenn H a u p t m a n n am Ende meint, man müsse zu therapeutischen Zwecken die Phagocytose anregen, damit die Sp. im Gehirn zu intracellulärer Verdauung gebracht werden, so ist nicht zu ersehen, wie das möglich gemacht werden soll! Denn Leukocyten, die doch wohl allein dafür in Frage kommen, können nicht ins Hirngewebe einwandern, den Lymphocyten und Gliazellen aber kommt eine eigentliche phagocytäre Wirkung doch wohl kaum zu. H a u p t m a n n s Vermutung, die Fiebermethoden wirkten durch Vermehrung der Freßzellbildung, dürfte daher wohl kaum das Richtige treffen.

Wenn auch H a u p t m a n n den Versuch aktiver und passiver Immunisierung des Paralytikers verlangt, so wird man sich eingehend zu fragen haben, o b e s d e n n b e i d e r L u e s ü b e r - h a u p t i m m u n i s a t o r i s c h e V o r g ä n g e g i b t! Diese Frage glaube ich unbedingt bejahen zu müssen.

Wenn es bei der Lues keine Allergie-Wirkungen gäbe, wäre die Verschiedenheit der Lues I, II und III nicht zu erklären, auch nicht die Resistenz des Syphilitikers gegen Superinfektion! Man kann nicht einfach sagen, der Syphilitiker ist eben noch krank! Das ist keine Erklärung dafür, daß eine Superinfektion, wenn sie überhaupt angeht, im sekundären Stadium andere Erscheinungen macht als im tertiären. Und wenn eine Lues z. B. nach 30jähriger Latenz wieder ein Gumma entstehen läßt, so muß doch vorher irgend etwas dagewesen sein, was diese spezifische Bildung nicht hat entstehen lassen, vermutlich also ein allergischer Vorgang. Ich selbst konnte früher in langwierigen mühsamen Untersuchungen zusammen mit R u e t e nachweisen, daß Serum und Liquor von Syphilitikern viel stärker immobilisierend auf Sp. wirken als Serum und Liquor von Nichtsyphilitischen.

Daß allergische Vorgänge auch im Körper des Paralytikers vorhanden sind, konnte ich mit folgendem Versuch nachweisen:

Ich spritzte Paralytikern große Mengen lebender im Dunkelfeld stark beweglicher Spirochäten aus Kaninchenschankern in die

Testikel (distalen Pol) und suchte, nach 24 Stunden und später, durch Repunktion wieder Sp. zu erhalten. Das ist mir aber niemals gelungen; nur selten fand ich Sp.-reste, die man nur bei großer Uebung mit Wahrscheinlichkeit als solche erkennen kann; niemals eine gut erhaltene oder gar eine bewegliche Spirochäte. Einmal bildete sich ein harter kugeliger kleinerbsengroßer Knoten, aus dem aber auch keine Sp. zu erhalten waren und der in wenigen Wochen spurlos wieder verschwand, sodaß, als der Kranke ½ Jahr später zur Obduktion kam, auch histologisch nichts mehr nachzuweisen war. Die Versuche sind nicht sicher beweiskräftig; die Sp. könnten der Repunktion auch anders als durch Vernichtung entgangen sein, aber im ganzen konnte ich mich dem Eindruck nicht entziehen, daß wir hier einen Hinweis darauf haben, daß sogar der Paralytiker irgendwelche Antikörper im Blut hat; darauf weist ja auch der Umstand hin, daß er außerhalb des Gehirns und der Aorta so selten syphilitische Manifestationen hat.

Daß also überhaupt allergische Kräfte bei der Lues zur Wirkung kommen, werden wir nicht bezweifeln dürfen; das sagt auch Ehrlichs Hypothese von der Bildung der Rezidivstämme, und das sagt auch der chronische Verlauf der Lues und der Paralyse. Letztere würde bei gänzlichem Mangel von Allergie akut verlaufen müssen, etwa wie die Lyssa.

Eine Immunschwäche kann also sicher in Betracht gezogen werden zur Erklärung der Paralyse. Aber ebenso gut könnte die Ursche der Metalues in Besonderheiten neurotroper Spirochätenstämme liegen, und es erhebt sich die Frage: Gibt es eine Lues nervosa? Das heißt, gibt es unter den Spirochätenstämmen solche, die eine besondere Affinität zum Zentralnervensystem besitzen und die vor allem imstande sind, nicht etwa nur eine Hirnlues, sondern gerade eine Metalues, also eine Paralyse oder eine Tabes zu erzeugen.

III. Vom Vorkommen verschiedener Sp.-Stämme und von deren Eigenschaften.

Die Frage, ob es eine Lues nervosa gibt, ist früher nur auf statistischem Wege bearbeitet worden, besonders von Fischler auf Veranlassung Erbs. Diese Autoren haben sich im ganzen für diese Annahme ausgesprochen, auf Grund des Vorkommens gehäufter Metalues bei aus der gleichen Quelle Infizierten und auch wegen des Vorkommens der conjugalen Tabes und Paralyse. Auch Nonne spricht sich in neuester Zeit wieder für diese Annahme aus, und Forster und Tomaschewski hatten 1914 geglaubt, diese Frage auch experimentell gefördert zu haben: Aus der Hirnrinde von Paralytikern durch Hirnpunktion gewonnene im

Dunkelfeld gut bewegliche Spirochäten waren schwer färbbar und gaben, auf Kaninchen und Affen übertragen, nur auffallend selten positive Impfresultate. Ich habe schon in einer früheren Arbeit darauf hingewiesen, daß damit zunächst nur bewiesen werden könnte, daß der seit langen Jahren im biologischen Kampf stehende Spirochätenstamm des Paralytikerhirns während seines langen Aufenthalts im Körper und Hirn des Paralytikers andere biologische Eigenschaften erworben hat, die er bei der Infektion des späteren Paralytikers noch nicht besaß. Es würde sich also um eine sekundäre, erst im menschlichen Körper erworbene Neurotropie handeln.

Aber die Mehrzahl der Autoren steht der Frage der Lues nervosa sehr skeptisch gegenüber. Meyer verweist besonders auf die keineswegs seltenen Fälle, in denen der vor langen Iahren infizierte Ehemann gesund bleibt, die von ihm infizierte Ehefrau dagegen tabisch oder paralytisch wird. Solche Fälle machen in der Tat das Vorkommen neurotroper, mit Wahrscheinlichkeit zur Metalues führender Sp.-Stämme wenig wahrscheinlich. Ich selbst konnte bei einem recht großen Material (mehrere Hundert Paralysen) nur einen sehr geringen Prozentsatz conjugaler Paralyse feststellen, konjugale Paralyse der Ehefrau in 2 %, des Ehemanns in 5,6 %; aber auch wenn man annimmt, daß in diesen Zahlen etwa später noch paralytisch Erkrankende nicht enthalten sind, bleiben die ermittelten Zahlen doch viel zu gering, als daß man damit den Nachweis einer Lues nervosa als geführt ansehen könnte.

Ebenso ist es aber auch mit der Metalues aus gleicher Quelle infizierter Syphilitiker: selbst Forscher mit sehr großem Material haben doch immer relativ wenige Beobachtungen entsprechend dem bekannten oft zitierten Fall Brosius machen können, und so hat sich denn auch Hauptmann in seinem großen Paralyse-Referat im Ganzen gegen die Annahme der Lues nervosa ausgesprochen.

Umso erstaunlicher waren die Ergebnisse Plauts und Mulzers, denen es gelang, im Tierexperiment nachzuweisen, daß verschiedene von ihnen auf Kaninchen in Passagen gehaltene Sp.-Stämme sich dem Zentralnervensystem gegenüber verschieden verhalten.

Den genannten Forschern war es, wie sie 1921 berichten konnten, gelungen, beim Kaninchen eine relativ einfache Methode der Spinalpunktion (zwischen Occiput und Atlas) zu finden und Mikromethoden zur Untersuchung des jeweils gewonnenen an Menge geringen Liquors auszuarbeiten. Es zeigte sich, daß der seit etwa 1908 auf Kaninchen gehaltene, in vielen, vielleicht über 100 Passagen für Kaninchen anscheinend immer virulenter gewordene sogenannte Truffi-Stamm zwar mächtige Lokalerscheinungen macht, besonders starke Orchitis und Periorchitis an der Impf-

stelle, daß er aber nur sehr selten zu Liquorveränderungen führt. Der Zell- und Eiweißgehalt im Liquor eines Truffi-Kaninchens entspricht meist den Verhältnissen beim gesunden Menschen.

Dagegen erzeugt ein von Mulzer aus menschlicher Lues II gewonnener „Münchener Stamm", der sich damals in der 12. Passage befand, zwar sehr geringe Lokalerscheinungen (mit sehr langer Incubationszeit), aber fast regelmäßig starke Zell- und oft auch Eiweißvermehrung im Liquor: Die Neurotropie dieses Stamms schien also sichergestellt zu sein.

Eine der Hauptschwierigkeiten bei diesen Untersuchungen ergab sich aus dem Umstand, daß beim Kaninchen die Wassermann'sche Reaktion im Stiche läßt. Sie fällt im Blut auch bei nicht syphilitischen Tieren aus unbekannten Gründen häufig positiv aus; im Liquor dagegen ist sie immer negativ, auch wenn der Liquor wie das Tier selbst sichere syphilitische Veränderungen (z. B. Pleocytose, Nonne-Apelt, Mastix- und Goldsolreaktion und Orchitis) nachweisen lassen. Der Nachweis, daß es sich bei den gefundenen Liquorveränderungen um solche syphilitischer Natur handelt, ist dadurch natürlich sehr erschwert. Eine weitere sehr starke Erschwerung liegt darin, daß es bisher nicht gelungen ist, beim Kaninchen die Sp. im Gewebe zu färben, auch nicht in Organen, mit deren Brei positive Weiterimpfungen des Virus vorgenommen werden können. Ich selbst konnte z. B. im Geschabsel von der Rückseite einer Kaninchencornea, in der sich ein Gumma gebildet hatte, massenhafte stark bewegliche Sp. im Dunkelfeld nachweisen, aber der Nachweis im Gewebsschnitt gelang auch in diesem Falle nicht.

Trotzdem haben es Plaut und Mulzer sehr wahrscheinlich, ja man kann wohl sagen sicher gemacht, daß es sich bei den von ihnen zuerst gefundenen Veränderungen des Kaninchenliquors um Aeußerungen einer Kaninchenlues handelt, und sie konnten es auch sehr wahrscheinlich machen, daß die Liquorlymphocytose, die häufig viel früher als die lokalen Impfreaktionen auftritt, das einzige Symptom der Lues beim Kaninchen bleiben kann!

In zahlreichen Versuchsreihen konnten nun Plaut und Mulzer feststellen, daß es sich nicht um Zufallsbefunde handelt, sondern daß von den beiden Stämmen der eine (der Münchener Stamm) zur Zeit eine ausgesprochene Tendenz hat, ins Nervensystem einzudringen, der andere (der Truffistamm) nicht. Ob der Truffistamm (auch Frankfurter Stamm genannt) seine neurotropen Neigungen im Laufe der langjährigen Kaninchenpassagen eingebüßt oder ob er sie nie besessen hat, läßt sich aus den bisherigen Untersuchungen nicht entscheiden.

Hatten sich also bezüglich der Neigung, Liquorveränderungen hervorzurufen, die beiden Stämme als biologische Varietäten er-

wiesen, so konnten auch im histologischen Bild der nach dem Tode der Kaninchen untersuchten Gehirne erhebliche Unterschiede zwischen den mit dem Truffi- und den mit dem Münchener Stamm geimpften Tieren nachgewiesen werden. Darüber weiter unten.

Die Autoren hatten aber noch einen weiteren sehr bemerkenswerten und, man kann wohl sagen, kaum zu erwartenden Erfolg: während zahlreiche Versuche mit Ueberimpfung von Blut und Liquor von Paralytikern beim Kaninchen auf den verschiedensten Impfwegen vergeblich geblieben zu sein schienen, erwies es sich nach Einführung der Liquorkontrolle, daß bei zwei Impfreihen mit Paralyserinde in der Tat eine Zellvermehrung im Liquor auftrat! Spirochäten haben sich bei diesen Tieren auf keine Weise finden lassen, aber es ist gelungen, durch Ueberimpfung von Organbrei dieser Tiere bei den weiter geimpften Tieren wieder die gleichen Liquorveränderungen zu erzeugen und diese auf die gleiche Weise nun bereits in beiden Reihen in mehreren Passagen zu halten, ohne daß lokal, an der Impfstelle (Testikel), sich syphilitische Veränderungen oder Spirochäten hätten nachweisen lassen! Auf Grund umfangreicher Kontrollen und sehr vorsichtiger Ueberlegungen kommen Plaut und Mulzer zur Annahme, daß es sich bei den Liquorveränderungen in der Tat um Lues handelt und daß sich ein Impferfolg mit paralytischer Hirnrinde, wenn er überhaupt eintritt, in vivo im allgemeinen nur in Liquorveränderungen kundgibt.

Es ist notwendig, in der Deutung aller dieser Befunde die größte Vorsicht obwalten zu lassen. Es kann immer noch der Einwand erhoben werden, daß es sich um irgend eine andersartige Infektion handelt. Wissen wir doch, daß beim Kaninchen Encephalitiden vorkommen, deren Erreger vielleicht noch nicht alle bekannt sind, und gibt es doch beim Kaninchen auch eine sogar durch Spirochäten hervorgerufene freilich ganz harmlose am Genitale und After lokalisierte Erkrankung. (Originäre Kaninchenspirochätose.) (Um diese Spirochätenart dürfte es sich wohl bei dem von Marie und Levaditi beschriebenen angeblichen Paralysevirus gehandelt haben.)

Die wichtigsten Unterschiede aber zwischen den Kaninchen der verschiedenen Impfreihen Plaut u. Mulzers, also zwischen den mit dem Truffistamm, dem Münchener Stamm und dem Paralysematerial geimpften Tieren, ergaben sich bei der histologischen Untersuchung des Zentralnervensystems.

Die Truffitiere zeigen nur geringe Veränderungen, wie sie schon Steiner hatte feststellen können: Infiltrate lympocytärer oder plasmocytärer Natur in den Meningen und an Gefäßen, die aus den Meningen in die Rinde einstrahlen; daneben ähnliche Veränderungen bes. im Lendenmark.

Bei den mit dem Münchener Stamm geimpften Tieren zeigen sich bisher mit großer Regelmäßigkeit sehr erhebliche Veränderungen im Gehirn selbst, nämlich Plasmazellmäntel um die Gefäße des Marks und der Stammganglien bei sehr häufig unveränderter Rinde.

Bei den sogen. Paralysekaninchen aber zeigen sich Veränderungen, die auch bei sehr vorsichtiger Bewertung in der Tat ganz auffällig an die menschliche Paralyse erinnern: In Pia und Rinde lymphocytäre und plasmocytäre Infiltrate, eigenartige miliare Granulome aus epitheloiden Zellen mit nekrotischem Zentrum; in der Rinde außerdem herdweise auftretende an menschliche Paralyse erinnernde Veränderungen, Kapillarinfiltrate, Schichtenverwerfungen, Stäbchenzellen sowie selbständige Parenchymdegenerationen!

Das sind in der Tat höchst beachtenswerte Differenzen zwischen den verschiedenen „Stämmen". (In der Wirkung auf Leber und Aorta, auf die ich hier nicht eingehen will, fanden sich keine so wesentlichen Unterschiede zwischen den drei Stämmen.)

Plaut und Mulzer haben dann noch feststellen können, daß etwa ein filtrierbares Virus als Ursache der Hirnveränderungen nicht in Frage kommt; trotzdem sind sie sich bewußt, daß die Deutung der Befunde etwas unsicher bleibt, solange man die Konkurrenz eines anderen Krankheitserregers nicht sicher ausschließen und solange man die Spirochäte im Hirngewebe beim Kaninchen nicht sicher nachweisen kann.

Versucht man das Wesentlichste aus den bisherigen Ergebnissen der Münchener Forscher über die Kaninchenlues herauszuheben, so ergibt sich etwa Folgendes: Die drei verschiedenen Arten von Spirochätenstämmen haben verschiedene Eigenschaften.

Die Truffispirochäten werden wie das virus fixe der Lyssa seit wohl hundert Passagen auf Kaninchen gehalten und sind nicht neurotrop, sonst aber sehr virulent für die Kaninchen.

Die Spirochäten der in München aus Lues I und II gewonnenen „Münchener Stämme" haben erst etwa 20 Kaninchenpassagen hinter sich; sie dürften also wohl in viel höherem Grade als die Truffispirochäten noch die Eigenschaften bewahrt haben, die sie früher bei den zahllosen Passagen von Mensch zu Mensch erworben haben, sehr wahrscheinlich also eine erhebliche Virulenz auch für den Menschen.

Der aus Paralytikerrinde gewonnene „Paralysestamm" scheint eine noch stärkere Affinität zum Zentralnervensystem zu haben als der Münchener Stamm. Die beiden aus Paralytikerhirnrinde gewonnenen Stämme befanden sich bereits 20 Jahre lang im gleichen menschlichen Organismus, ehe es ihnen gelang, in diesem die Paralyse zu erzeugen bezw. manifest zu machen. Diese beiden

Paralysestämme haben also nicht wie der Münchener Stamm seit Jahren mit immer wieder anderen Wirten in biologischer Wechselwirkung gestanden, sondern in den letzten 20 Jahren immer mit dem gleichen Wirt! Daraus ergibt sich ohne weiteres die Möglichkeit, daß sie in diesen 20 Iahren erst die Eigenschaften erworben haben, durch die sie sich vom Münchener Stamm unterscheiden.

Wir haben also einen Stamm (Truffi), der seit wohl hundert Passagen auf dem Kaninchen fortgezüchtet worden ist und für das Zentralnervensystem des Kaninchens wenig pathogen ist; einen zweiten Stamm („Münchener Stamm“), der bisher erst in etwa 20 Passagen sich auf Kaninchen befindet, vorher aber immer von Mensch zu Mensch gewandert ist und dabei wohl eine erhebliche Virulenz auch für das Zentralnervensystem erworben haben kann; endlich einen dritten („Paralyse“-)Stamm, der nach 20jährigem Aufenthalt im immer gleichen Menschen eine gesteigerte Virulenz gerade für das Zentralnervensystem sowohl des Menschen als auch des Kaninchns bewiesen hat.

Es liegt auf der Hand, daß aus so verschiedenen Nährböden in langen Jahren verschiedene Eigenschaften der Sp. entstehen können. Dazu kommt noch der bei diesen Betrachtungen zunächst noch gar nicht berücksichtigte Einfluß der verschiedeucn Behandlungen, denen der Münchener und der Paralysestamm während seines Aufenthalts im Menschen unterworfen worden sein dürfte.

Es liegt nahe anzunehmen, daß der Truffistamm im Lauf der langjährigen Kaninchenpassagen an Virulenz für den Menschen verloren hat, ähnlich wie das Lyssavirus als Straßenvirus für den Menschen hochpathogen, als virus fixe aber für den Menschen ungefährlich ist, und ähnlich wie das Pockenvirus nach den Passagen über das Kalb vom Menschen viel leichter vertragen wird als wenn es vom Menschen kommt.

Einen Hinweis auf diesen Verlust an Virulenz ergaben mir die oben erwähnten Versuche, Sp. des Truffistamms Paralytikern in die Testikel zu spritzen und dann wieder nachzuweisen; ebenso weitere Versuche, Paralytiker durch Injektion von Sp. in die Haut therapeutisch zu beeinflussen.

Meines Erachtens handelt es sich also bei der verschiedenen Stärke der Neurotropie der einzelnen Stämme, soweit sie bisher hat festgestellt werden können, um eine nicht von vornherein dem einzelnen Stamm innewohnende Eigenschaft, sondern um eine Eigenschaft, die vielleicht jeder Sp. Stamm nach längerer oder kürzerer Zeit erwerben kann, je nach dem Nährboden, auf dem er sich befindet. Es würde sich also um eine sekundäre Neurotropie handeln.

Wie rasch sich die Virulenz eines Stammes ändern kann, konnten P l a u t und M u l z e r an dem scheinbar in seinen Eigen-

heiten so konstanten Truffistamm zeigen, indem sie ein mit Truffispirochäten geimpftes Kaninchen mit einer unter der wirksamen Heildosis liegenden kleinen Menge Salvarsan behandelten und dann aus den syphilitischen Produkten dieses unterbehandelten Kaninchens weiter impften. Sie erzielten bei dem so geimpften Kaninchen eine ganz besonders schwere Allgemeinsyphilis und auch eine starke Lymphocytose, wie sie vorher beim Truffistamm nicht zu beobachten war. Gleiche Versuche sind bei uns im Gange; es wird abzuwarten sein, wie sich ein derartig modifizierter Truffistamm bei weiteren Passagen verhalten wird, insbesondere wie lange er die erworbene stärkere Virulenz und Neurotropie wird festhalten können.

Ueberblickt man nun alle diese sicher sehr bemerkenswerten und in mancher Beziehung ganz unerwarteten Ergebnisse der Paralyse- und der Spirochätenforschung, so taucht trotz der nun zuzugebenden Möglichkeit des Vorkommens von Sp.-Stämmen mit wenigstens sekundärer Neurotropie doch immer wieder die Frage auf: Wie kommt es, daß ein Syphilitiker gesund bleiben kann, seine von ihm erst infizierte Gattin aber paralytisch wird! Trotz der zugegebenen Neurotropie mancher Spirochätenstämme wird man ohne die Annahme einer besonderen wie immer gearteten Paralysedisposition nicht auskommen, mag diese nun in Mängeln der cellulären oder humoralen Allergie, in ungenügendem Abschluß des Ektoderms gegen das Mesoderm im Gehirn oder in sonstigen Anlage-Anomalien und -Schwächen bestehen. Mit andern Worten, die Lehre vom Paralyticus natus Obersteiners wird sich wohl als zurecht bestehend erweisen.

Im Anschluß an diese Ausführungen will ich kurz über unsere therapeutischen Versuche berichten, über die

IV. Ergebnisse beim Versuch aktiver Immunisierung von Paralytikern.

Diese Versuche gründeten sich zunächst auf die Vorstellung, daß die Paralyse eine isolierte Hirnspirochätose ist, bei der das Gehirn vom Gesamtorganismus ungenügend oder gar nicht in seinem Abwehrkampf unterstützt wird, bei der es also darauf ankommt, den Gesamtorganismus zur Teilnahme am Kampf gegen die Sp. zu zwingen. Weiter aber konnte im Lauf der Arbeiten auch der Vorstellung Raum gegeben werden, daß die Sp. des Truffistamms für den Menschen und besonders für dessen Zentralnervensystem wenig oder gar nicht mehr pathogen sind, trotzdem aber imstande sind, Abwehrstoffe zu erzeugen, die dem von den Sp. bedrohten Gehirn zu Hilfe kommen, ganz ähnlich wie die Wutschutz-Impfung die höchstwahrscheinlich schon sehr bald nach dem

Biß des wutkranken Hundes ins Gehirn gelangten Lyssaerreger unschädlich zu machen vermag, obwohl das Impfmaterial für den Menschen nur eine sehr geringe oder gar keine Virulenz besitzt.

Nachdem unter Anwendung aller erdenklichen Vorsicht die völlige Unschädlichkeit der Einverleibung auch lebender Truffi-spirochäten bei vorgeschrittenen als gänzlich verloren zu betrachtenden Paralytikern festgestellt worden war, habe ich bisher einen Paralytiker in relativ frühem Stadium in Behandlung nehmen können. Derselbe hat nach einer Injektion lebender Sp. eine 6monatliche Remission bekommen, wurde während der dann wieder einsetzenden Krankheit erneut mit Sp.-Injektionen behandelt, bekam nach vierwöchentlicher Impfbehandlung wieder eine Remission und befindet sich jetzt unter ständiger Impfbehandlung seit 8 Monaten in völligem Wohlbefinden; er wäre auch als berufsfähig zu bezeichnen, wenn er nicht gerade Lokomotivführer wäre. Was den Fall bemerkenswert macht, ist der Umstand, daß die bei Beginn der Erkrankung stark positiven 4 Reaktionen fast verschwunden bezw. negativ geworden sind. Beim Fehlen von Pleocytose und Nonne-Apelt ist die Wassermannsche Reaktion im Blut negativ, ebenso der Liquorwassermann bei Anwendung von 0,2 Liquor. Erst bei Verwendung größerer Liquormengen wird eine positive Liquorreaktion erzielt.

Während wir bei diesem nur mit dem Truffistamm geimpften Kranken niemals die geringste nachteilige Wirkung haben feststellen können und eine günstge Wirkung der Impfungen wenigstens für möglich halten dürfen, blieben zwei von den bereits in vorgeschrittenem Krankheitsstadium geimpften Kranken solange stationär, als sie mit Truffiimpfungen behandelt wurden, gingen aber weiter zurück, nachdem einige Impfungen mit dem Münchener Stamm zur Anwendung gekommen waren. Einer von diesen Kranken zeigte dann eine ziemlich starke frische Arteriitis luetica mittlerer und größerer Hirngefäße, ein anderer Kranker dieselbe Störung in freilich nur geringem Grade, ein dritter gar keine derartige Veränderung. Die Möglichkeit, daß diese Veränderungen Folge der Impfungen mit dem Münchener Stamm seien, ist nicht ganz von der Hand zu weisen. Wir impfen daher nur noch mit dem Truffistamm, entsprechend auch den oben dargelegten Erwägungen über die dem Menschen gegenüber vermutlich sehr geringe Virulenz dieses Stammes.

V. Vom idealen Ziel der aktiven Paralysetherapie sind wir nach dem Gesagten weit entfernt. Die Malariatherapie versagt bei etwa der Hälfte der Kranken, und es wird sich erst erweisen müssen, wie lange die Besserungen und Remissionen vor-

halten; die aktive Immunisierung, wie ich sie übe, befindet sich noch im Stadium der ersten Versuche. Es wird sich zeigen müssen, ob mehr als ein Zufallserfolg damit erreicht wird und ob sich nicht etwa doch Schädigungen der Kranken herausstellen. Es ist aber auf der anderen Seite auch möglich, daß die Erfolge sicherer werden, wenn es gelingen sollte, jeweils aus der Hirnrinde des lebenden initial kranken Paralytikers den betreffenden „Paralysestamm" zu züchten und so jeden Kranken mit seinem eigenen Stamm zu immunisieren. Event. könnte dann auch eine passive Immunisierung mit dem Serum des betreffenden Kaninchens angeschlossen werden, und schließlich kommt eine Kombination dieser mit den Lymphocytose erzeugenden Methoden in Betracht.

Meine Damen und Herrn, Sie sehen, die Paralysetherapie ist aus der völligen Resignation herausgetreten, nachdem die Forschungen über die Aetiologie wieder in Fluß gekommen waren. Viel ist seitdem gewonnen worden an Erkenntnissen über das Wesen der Paralyse, Aber fast jedes neue Forschungsergebnis hat neue Fragestellungen auftauchen lassen, und wir stehen, wie ich ausführen konnte, noch vor vielen gänzlich ungelösten Rätseln. Die Paralyse- und Spirochätenforschung hat also noch ein weites, ja ein sich immer mehr erweiterndes Feld. Man wird darüber nicht verzagen dürfen, man wird sich vielmehr bewußt bleiben, daß der Zweifel und das Bewußtsein von den Lücken unseres Wissens immer die stärksten Förderer der Forschung und des Fortschritts in der Erkenntnis gewesen sind. Wenn erst der Zweifel aufhörte, dann wären wir am Ende der Forschung angelangt! Und dann würde die Wissenschaft aufhören, Wissenschaft zu sein.

Diskussion: Die Herren Tuczek, Scharnke, Tuczek, Scharnke, Müller, Scharnke, Schwenkenbecher, Scharnke.

Verzeichnis der Mitglieder*)

(am Schluß des Jahres 1923).

Ehrenmitglieder.

Marchand, Felix, Dr. med., o. Professor der pathol. Anatomie, Geh. Med.-Rat, Leipzig 19. 12. 00

Kayser, Emanuel, Dr. phil., o. Prof. em. der Geologie, Geh. Reg.-Rat, München 23. 10. 18 (13. 1. 86)

Einheimische Mitglieder.

A. Ordentliche.

Ahlfeld, Friedrich, Dr. med., o. Prof. em. d. Gynäkol., Geh. Med.-Rat 11. 7. 83

v. Auwers, Karl, Dr. phil., o. Prof. der Chemie, Geh. Reg.-Rat . 17. 12. 13

Bonhoff, Heinrich, Dr. med., o. Prof. der Hygiene, Geh. Med.-Rat 9. 3. 04 (8. 11. 99)

Claussen, Peter, Dr. phil., o. Prof. der Botanik 14, 6. 22

Dittler, Rudolf, Dr. med., o. Prof. der Physiologie 13. 12. 22

Feussner, Wilhelm, Dr. phil., o. Hon.-Professor der theoretischen Physik, Geh. Reg.-Rat 14. 7. 81 (10. 6. 69)

Freudenberg, Ernst, Dr. med., o. Prof. der Kinderheilkunde . 14. 6. 22

Gadamer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der pharmazeut. Chemie Geh. Reg.-Rat 28. 5. 19 (9. 3. 98)

Göppert, Ernst, Dr. med., o. Professor der Anatomie 22. 10. 19 (4. 12. 12)

Gürber, August, Dr. med. et phil., o. Professor d. Pharmakologie 28. 6. 11 (9. 12. 08)

Hensel, Kurt, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik, Geh. Reg.-Rat . 10. 12. 02

Hildebrand, Heinrich, Dr. med., o. Professor der gerichtl. Medizin, Geh. Med.-Rat 12. 5. 15 (14. 12. 04)

Jaensch, Erich, Dr. phil., o. Professor der Philosophie 10. 3. 15 (11. 6. 13)

Korschelt, Eugen, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Geh. Reg.-Rat 26. 7. 98

Kutscher, Friedrich, Dr. med., o. Professor der Physiologie . . 12. 2. 08 (16. 2. 93)

Läwen, Arthur, Dr. med., o. Prof. der Chirurgie 23. 6. 20

Müller, Eduard, Dr. med., o. Prof., Direktor der med. Poliklinik 7. 5. 11 (9. 2. 10)

Neumann, Ernst, Dr. phil., o. Prof. der Mathematik 8. 5. 07 (13. 12. 05)

Nordhausen, Max, Dr. phil., o. Professor der Botanik 8. 3. 22 (12. 5. 15)

---

* Die Daten bedeuten den Tag der Ernennung, die in Parenthese gesetzten Daten den Tag der Ernennung zum außerordentlichen Mitglied.

Ostmann, Paul, Dr. med., o. Hon.-Prof. d. Otologie, Geh. Med.-Rat	13. 11. 95
Schaefer, Clemens, Dr. phil., o. Prof. der Physik	8. 12. 20
Schultze Jena, Leonhard, Dr. phil., o. Professor der Geographie .	7. 5. 13
Schulze, Franz Arthur, Dr. phil., o. Prof. der theor. Physik . .	5. 8. 08
	(31. 7. 01)
Schwenkenbecher, Alfred, Dr. med., o. Prof. der inneren Medizin .	23. 6. 20
	(4. 5. 08)
Seidel, Hans, Dr. med. dent., o. Prof. der Zahnheilkunde . . .	8. 3. 22
	(9. 2. 21
Stargardt, Karl, Dr. med., o. Professer der Augenheilkunde . .	9. 1. 24
Stertz, Georg, Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie und Neurologie .	7. 12. 21
Strecker, Wilhelm, Dr. phil., o. Professor der Chemie	8. 3. 22
	(6. 3. 14)
Thiel, Alfred, Dr. phil., o. Professor der physikalischen Chemie .	8. 5. 12
	(10. 3. 11)
Tuczek, Franz, Dr. med., o. Prof. der Psychiatrie, Geh. Med.-Rat	15. 5. 95
	(14. 3. 90)
Uffenorde, Walther, Dr. med., o. Professor der Ohrenheilkunde .	14. 6. 22
Versé, Max, Dr. med., ordentl. Prof. der pathalogischen Anatomie	9. 1. 24
Wedekind, Rudolf, Dr. phil., o. Prof. d. Geologie u. Paläontologie	12. 12. 17
Weigel, Otto, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie	10. 7. 18
	(9. 2. 16)
Zangemeister, Wilhelm, Dr. med., o. Professor der Gynäkologie .	28. 6. 11
Zincke, Theodor, Dr. phil. et Dr. ing. h. c., o. Prof. em. der Chemie, Geh. Reg.-Rat	13. 1. 76

B. Außerordentliche.

Benninghoff, Alfred, Dr. med., Privatdozent der Anatomie . . .	11. 5. 21
Blanckenhorn, Max, Professor, Dr., Landesgeologe	15. 1. 13
Brand, Walter, Dr. phil., Studienrat, Oberlehrer	19. 2. 13
Burckhard, Hans, Dr. med., Professor, Privatdozent	8. 3. 22
Dieterle, Hugo, Dr. ing., Privatdozent	14. 6 22
Fraenkel, Adolf, Dr. phil., a. o. Prof. der Mathematik	13. 6. 23
v. Haffner, Konstantin, Dr. phil., Privatdozent	14. 11. 23
Jahrmärker, Max, Dr. med., Professor, Privatdozent, Direktor der Landesheilanstalt	10. 2. 04
Kauffmann, Oskar, Hauptmann d. L., Forschungsreisender . . .	13. 12 11
Knabe, Dr. phil., Geh. Reg.-Rat, Direktor der Oberrealschule . .	19. 2. 19
Kreckwitz, Hans, Dr. med., prakt. Arzt	24. 6. 14
Nauck, E. Th., Dr. med. Assistent am Anatomischen Institut . .	12. 2. 23
Reissert, Arnold, Dr. phil., a. o. Professor der Chemie	11. 2. 03
Rieländer, August, Dr. med., a. o. Prof. der Gynäkologie . . .	13. 6. 06
Ruete, Alfred, Dr. med., o. Prof. der Dermatologie	8. 3. 22
Scharnke, August, Dr. med., Privatdozent der Psychiatrie . . .	9. 1. 24
Schindewolf, Otto, Dr. phil., Privatdozent	8. 3 22
Schwantke, Arthur, Dr. phil., a. o. Professor der Mineralogie .	21. 6. 99
Siebert, Karl, Dr. phil., Chemiker	14. 5. 02
Strieder, Franz, Dr. phil., Assistent am physikalischen Institut .	10. 7. 18
Take, Emil, Dr. phil., a. o. Professor der Physik	9. 12. 08
Tönniges, Karl, Dr. phil., Professor, Assistent am zoolog. Institut	16. 2. 98
Veit, Otto, Dr. med., Privatdozent, Professor, I. Prosektor . . .	28. 7. 09
Weyrich, Rudolf, Dr. phil., Privatdozent der Mathematik . . .	13. 6. 23
Wilson, Karl, Geh. Reg.-Rat	19. 2. 19
Wintzer, Paul, Dr. med., prakt. Arzt	13. 5. 14
Zick, Dr. phil., Studienrat	14. 11. 23

Auswärtige Mitglieder.*)

Ach, Narciss, Dr. med. et phil., Prof. der Philosophie, Königsberg (8. 2. 05)
Ackermann, Dankwart, Dr. med., Professor, Privatdozent der Physiologie, Würzburg . . . . (5. 8. 08)
Andrée, Karl, Dr. phil., a. o. Professor der Geologie, Königsberg (4. 8. 10)
Aschoff, Ludwig, o. Prof. der patholog. Anatomie, Freiburg i. Br. 17. 6. 03
Axenfeld, Theodor, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Freiburg i. Br. (15. 1. 96)
Barth, Adolf, Dr. med., o. Professor der Otologie, Leipzig . . 4. 11. 91
Barth, Arthur, Dr. med., Professor, Oberarzt, Danzig . . . . (13. 11. 95)
Beneke, Rudolf, Dr. med., o. Professor der path. Anatomie, Halle 14. 11. 06
Berblinger, Walter, Dr. med., o. Prof. der pathol. Anat., Jena . (8. 2. 05)
Berlin, Ernst, Dr. phil., ... 28. 6. 11
v. Bergmann, Gustav, Dr. med., o. Prof. d. inn. Medizin, Frankfurt a. M. 10. 5. 17
Bessau, Georg, Dr. med., o. Prof. der Kinderheilkunde, Leipzig . 12. 1. 21
Bielschowsky, Alfred, Dr. med.. o. Professor der Augenheilkuude, Geh. Med.-Rat, Breslau 30. 7. 13
(6. 3. 14)
Böhm, Rudolf, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Geh. Med.-Rat, Leipzig 20. 5. 81
Borrmann, Robert, Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Braunschweig . . . . (14. 5. 02)
Brauer, Ludolf, Dr. med., o. Professor, Direktor der medizinischen Klinik in Hamburg-Eppendorf . . . . (14. 12. 04)
**Breithaupt, Wilhelm,* Dr. ing. h. c., Cassel 23. 10. 18
Brauns, Reinhard, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Geh. Berg-Rat, Bonn . . . . (27. 1. 88)
Bruns, Oskar, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, Königsberg . (28. 6. 11)
Buchholz, Adolf, Dr. med., Professor, Hamburg 8. 12. 97
Busz, Karl, Dr. phil., o. Professor der Mineralogie, Münster . . (19. 6. 95)
Cloos, Hans, Dr. phil., o. Professor der Geologie u. Paläontologie, Breslau 10. 3. 15
v. Dalwigk, Friedrich, Dr. phil., a. o. Professor der Mathematik, Potzdam 9. 5. 00
Diels, Ludwig, Dr. phil., Kustos am botanischen Museum, o. Professor an der Universität, Berlin-Dahlem 28. 6. 11
(28. 7. 09)
Drevermann, Fritz, Dr. phil., Professor, Frankfurt a. M. . . . (11. 2. 03)
Enderlen, Eugen, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Heidelberg 12. 2. 97
Esch, Peter, Dr. med., o. Professor, der Gynäkologie, Münster . 20. 11. 13
**Eysell, Adolf,* Dr. med., Geh. Sanitätsrat, Cassel 23. 10. 18
Falk, Ferdinand August, Dr. med., a. o. Prof. d. Pharmakologie, Kiel 28. 4. 75
**Fennel, Adolf,* Inhaber der Firma Otto Fennel Söhne, Cassel . (23. 10. 18)
Fischer, Guido, Dr. phil., a. o. Professor der Zahnheilkunde, Hamburg 28. 6. 11
Fraenkel, Karl, Dr. med., o. Professor der Hygiene, Breslau . . 4. 11. 91
Frey, Ernst, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Rostock . . 8. 3. 22
(30. 7. 13)
Fries, Karl, Dr. phil., o. Professor der Chemie, Braunschweig. . 10. 3. 15
(9. 3. 04)
Fuëter, Rudolf, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Zürich . (3. 5. 07)

---

*) Die mit einem * bezeichneten sind korrespondierende, die sämtlichen übrigen ehemalige einheimische Mitglieder.

Goebel, Karl, Dr. phil., o. Professor der Botanik, München . . . 27. 1. 88
Grüter, Wilhelm, Dr. med., a. o. Prof. der Augenheilkunde, Bonn 28. 6. 11
**Guder,* Dr. med., Geh. Med.-Rat, Kreisarzt, Laasphe 23. 10. 18
Hagemann, Richard, Dr. med., Professor, Privatdozent, Würzburg 13. 5. 14
Harms, Wilhelm, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Königsberg . 7. 6. 10
Haselhoff, Emil, Dr. phil., Professor, Direktor der landwirtsch. Versuchsstation, Cassel . . . . (11. 2. 03)
Häcker, Rudolf, Dr. med., Professor, Oberarzt der chirurgischen Klinik, Essen . . . . (7. 6. 10)
Heffter, Arthur, Dr. phil. et med., o. Professor der Pharmakologie, Berlin 14. 11. 06
Heine, Leopold, o. Professor der Ophthalmologie, Kiel . . . . . (18. 1. 99)
Hellinger, Ernst, Dr. phil., a. o. Professor der Mathematik, Frankfurt a. M. . . . . (12. 1. 10)
**Heraeus, Wilhelm,* Dr. phil., Leiter der Firma W. C. Heraeus, Hanau 23. 10. 18
Hermann, Theodor, Dr. phil., Hanau . . . . (2. 7. 68)
v. Hess, Karl, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, München 11. 11. 96
Hess, Otto, Dr. med., Professor, Oberarzt, Posen . . . . (25. 6. 02)
**Heusler, Fritz,* Dr. phil., Hüttendirektor, Dillenburg 8. 2. 05
Hofmann, Franz, Dr. med., o. Prof. d. Physiologie, Geh.-Med.-Rat, Berlin 21. 6. 16
Hohmeier, Friedrich, Dr. med., Professor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Coblenz . . . . (24. 6. 14)
Hürter, Jakob, Dr. med., Professor, Oberarzt am städt. Krankenhaus, Mainz 17. 12. 13
Jores, Leonhard, Dr. med., o. Professor, Direktor des patholog. Instituts, Kiel 9. 23. 1
Jung, Heinrich, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Halle . . (13. 7. 01)
Katsch, Gerhard, Dr. med., Privatdozent, Frankfurt a. M. . . . 29. 5. 05
Keller, Oskar, Dr. phil., o. Professor der pharmaz. Chemie, Jena . 28. 6. 01
Kirstein, Friedrich, Dr. med., Professor 8. 3. 22
König, Friedrich, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Würzburg 9. 7. C0
Körner, Theodor, Dr. phil., Chemiker, Buxtehude . . . . 21. 3. —
Kossel, Albrecht, Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Rat, Heidelberg 15. 5. 95
Krauss, Wilhelm, Dr. med., Professor der Augenheilkunde an der medizinischen Akademie, Düsseldorf . . . . (10. 7 07)
v. Krehl, Ludolf, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, Heidelberg 8. 11. 99
Küster, Ernst, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Geh. Med.-Rat, Berlin 4. 11. 91
Küttner, Hermann, Dr. med., o. Professor der Chirurgie, Breslau (8. 2. 05)
**Leitz, Ernst,* jun., Dr. phil. h. c., Wetzlar 23. 10. 18
Löning, Fritz, Dr. med., Prof., Chefarzt am Krankenhaus in Harburg 9. 7. 13
Loewi, Otto, Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Graz . . (15. 5. 01)
Lotz, Heinrich, Dr. phil., Geologe, Berlin . . . . (13. 12. 99)
Matthes, Max, Dr. med., o. Professor der inneren Medizin, Geh. Med.-Rat, Königsberg 28. 6. 11
Meisenheimer, Johannes, Dr. phil., o. Prof. der Zoologie, Leipzig 5. 8. 08
(16. 2. 98)
**Mense, Karl,* Dr. med., Professor, Cassel 23. 10. 18
Meyer, Hans, Dr. med., o. Professor der Pharmakologie, Wien . 11. 3. 85
Misch, Georg, Dr. phil., o. Professor der Philosophie, Göttingen . (30. 7. 13)
v. Müller, Friedrich, Dr. med., o. Prof. der inn. Medizin, München 26. 7. 93
Neide, Ernst, Major a. D., Dr. phil., Allstedt, Sachsen-Weimar . (13. 1. 04)
Noll, Alfred, Dr. med., a. o. Professor der Physiologie, Jena . . (16. 2. 98)

Obst, E., Dr. phil., o. Professor der Geographie, Hannover . . . (13. 11. 12)
Oestreich, Karl, Dr. phil., o. Professor der Geographie, Utrecht . (9. 3. 04)
Opitz, Erich, Dr. med., Prof., Direktor der Frauenklinik, Gießen . (13. 1. 04)
Pfannkuch, Wilhelm Dr. med., prakt. Arzt, Cassel . . . . . . (17. 1. 72)
Plate, Ludwig, Dr. phil., o. Professor der Zoologie, Jena . . . (27. 1. 88)
Plenge, Enriquez, Dr. med., Heidelberg . . . . (7. 3. 99)
Ransom, Frederick, Dr. med., Cambridge . . . . (7. 3 99)
Rathke, Bernhard, Dr. phil., Professor der physik. Chemie, Meran 14. 3. 84
**Rehn, Joh. Heinrich,* Dr. med., San.-Rat, Frankfurt a. M. . . . 26. 11. 80
Rick ,Dr. med., prakt. Arzt, Hamburg 24. 6. 14
Rohmer, Paul, Dr. med. 17. 12. 13
Romberg, Ernst, Dr. med., o. Professor der inn. Medizin, München 20. 6. 00
Rost, Eugen, Dr. med., Professor, Geh, Regierungsrat, Berlin . . (16. 2. 98)
Rubner, Max, Dr. med., o. Professor der Physiologie, Geh. Med.-Rat, Berlin 13. 1. 86
Rühl, Alfred, Dr. phil., a. o. Professor der Geographie, Berlin . (28. 7. 09)
Rumpf. Theodor, Dr. med., Professor, Bonn 14. 3. 90
Rupp, Erwin, Dr. phil., o. Professor für pharmaz. Chemie, Breslau (14. 12. 04)
Ruppel, Wilhelm, Dr. phil., Professor, Berlin . . . . (18. 7. 00)
Sauerbruch, Ferdinand, Dr. med., o. Prof. der Chirurgie, München (7. 6. 10)
Schaum, Karl, Dr. phil., o. Professor der physik. Chemie, Gießen 13. 12. 05
(11. 8. 97)
Schenck, Martin, Dr. med. et phil., Prof. d. Physiologie, Berlin . 28. 6. 11
Schenck, Rudolf, Dr. phil., o. Prof. d. Chemie, Geh. Reg.-Rat, Münster (11. 8. 97)
Schmidt, Martin, Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie, Würzburg 28. 6. 11
Schöne, Georg, Dr. med., Privatdozent für Chirurgie, Greifswald (7. 6. 10)
Schottelius, Max, Dr. med., o. Professor der Hygiene, Hofrat, Freiburg i. B. . . . . (11. 7. 79)
Schottky, Friedrich, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Geh. Reg.-Rat, Berlin 15. 5. 95
Schridde, Hermann, Dr. med., Professor, Direktor der patholog. Anatomie, Dortmund . . . . (13. 12. 05)
Schwalm, J., Kreisschulrat 8. 3. 22
Seddig, Max, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Physik, Frankfurt a. M. . . . . (17. 6. 03)
Siemens, Friedrich, Dr. med., Geh. Med.-Rat, Direktor der Landes-Irrenanstalt Lauenburg i. P. . . . . (19. 12. 79)
Stoeckel, Walter, Dr. med.. o. Professor, Direktor der gynäkolog. Klinik, Kiel . . . . (5. 8. 08)
Strahl, Hans, Dr. med , o. Professor der Anatomie, Gießen . . . 27. 1. 88
(14. 12. 80)
Straub, Walther, Dr. med., o. Prof. der Pharmakologie, Freiburg (13. 12. 05)
Stuchtey, Karl, Dr. phil., Privatdozent der Physik, Berlin . . . 9. 12. 00
Study, Eduard, Dr. phil., o. Professor der Mathematik, Bonn . . (14. 3. 90)
Uhlenhuth, Paul, Dr. med. o. Professor der Hygiene, Freiburg . Geh. Med.-Rat 7. 12. 21
Uthoff, Wilhelm, Dr. med., o. Professor der Ophthalmologie, Geh. Med.-Rat, Breslau 4. 11. 91
**Vogt, Heinrich,* Dr. med., Professor, Wiesbaden 23. 10. 18
Wagener, Oskar, Dr. med., o. Prof. der Ohrenheilkunde, Göttingen 11. 5. 20
Wegener, Alfred, Dr. phil., Professor, Privatdozent der Meteorologie und Astronomie, Hamburg 12. 5. 15
(28. 7. 09)
Wendel, Walther, Dr. med., Professor, Direktor des städtischen Krankenhauses, Magdeburg-Sudenburg . . . . (12. 2. 02)

Wernicke, Erich, Dr. med., Professor, Landsberg a. W.	16. 2. 98 (10. 2. 97)
Wollenberg, Robert, Dr. med., o. Professor der Psychiatrie und Neurologie, Geh. Med.-Rat, Breslau	28. 5. 19
* *Wortmann,* Geh. Rat, Professor Dr., Geisenheim	23. 10. 18

Durch den Tod hat die Gesellschaft verloren:

von den ordentlichen Mitgliedern:

Löhlein, Max, Dr. med., o. Professor der patholog. Anatomie . .	10. 7. 18
Meyer, Arthur, Dr. phil., o. Professor der Botanik, Geh. Reg.-Rat	4. 11. 91

von den auswärtigen Mitgliedern:

Roser, Wilhelm, Dr. phil., Professor, Höchst . . . .

Der Vorstand.

C. Schaefer, Vorsitzender. *W. Strecker,* ständiger Schriftführer.
A. Thiel, Schatzmeister. *R. Wedekind,* Schriftenleiter.

Engerer Ausschuß.

E. Göppert, stellvertr. Vorsitzender. *F. Tuczek. Weigel. Thiel.*

Vorträge

die in den Sitzungen des Jahres 1923 gehalten worden sind.

10. Januar:	Herr Denecke (als Gast). Über die Herkunft der Monocyten.
	Herr Schaefer: Gesetzmäßigkeiten im ultraroten Spektrum.
21. Februar:	Herr Bielschowsky: Über abnorme Kopfhaltung infolge von Augenmuskelstörungen.
	Herr Fruböse: Über Versuche zum optifchen Raumsinn; sog. absolute Lokalisation.
12. März:	Herr Seiffert: Der Charakter des Hérelle'schen Phänomens.
	Herr Uhlenhuth: Mitteilungen aus dem Gebiet der experimentellen Therapie (Schweinepest, Tuberkulose).
9. Mai	Herr Aigner-Charlottenburg: Über die Wünschelrute.
13. Juni:	Herr Nauck (als Gast: Die mechanische Erklärung der Beckenstellungen bei vierfüßigen Wirbeltieren.
11. Juli:	Herr Läwen: Über Echinococcus multilocularis der Leber.
	Herr Korschelt: Desgl.
	Herr Burckhardt: Über die Entstehung von Gelenkmäusen.
1. August:	Herr Flössner: Neues über die Echinococcus-Flüssigkeit.
	Herr Schaefer; Demonstration desn euen Projektionsapparates des Physikalischen Instituts.
	Derselbe: Über Messungen am Ostwald'schen Farbenatlas.
14. November:	Herr Wedekind; Das japanische Erdbeben.
12. Dezember:	Herr Scharnke: Spirochaeten und progressive Paralyse.

Inhalt.

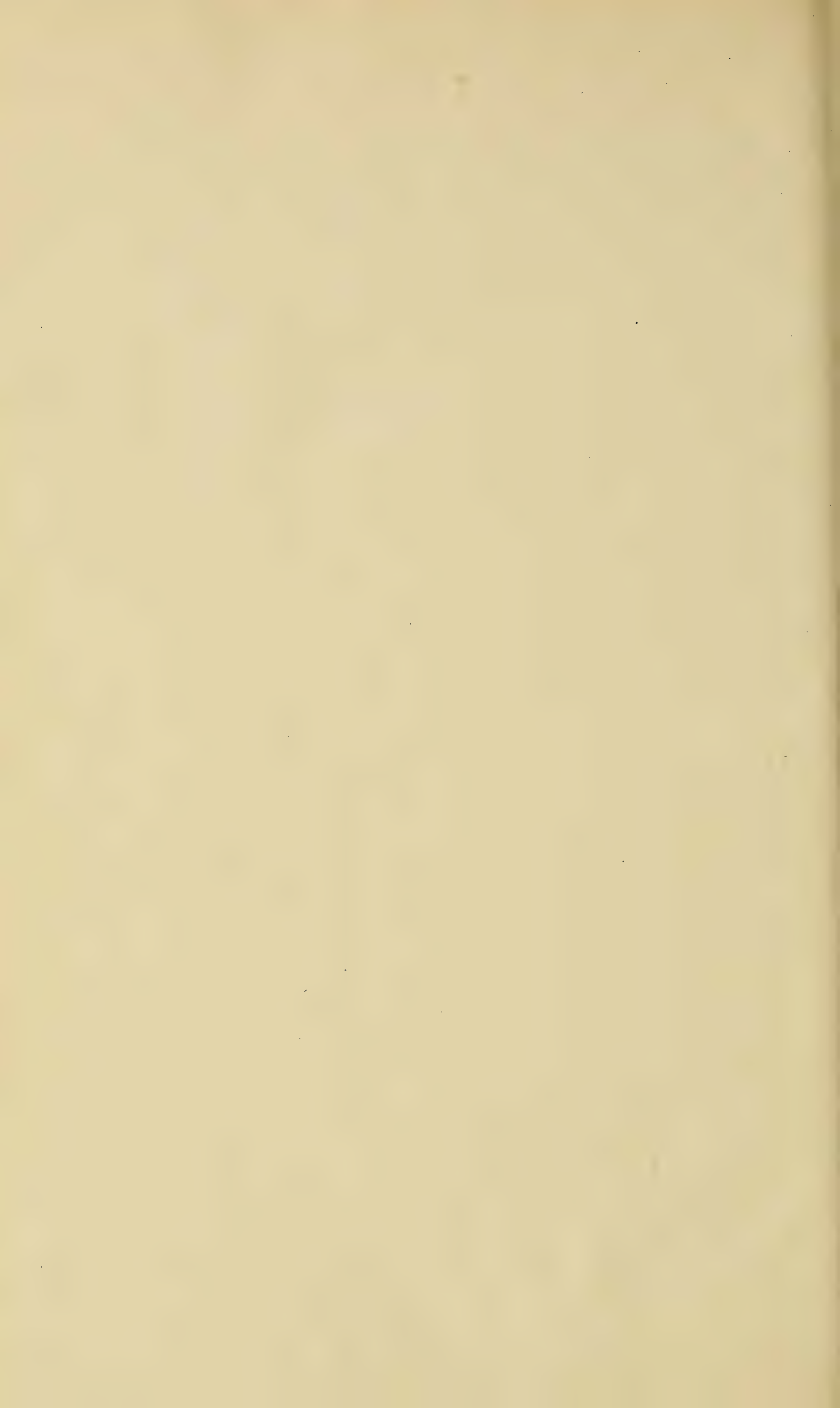


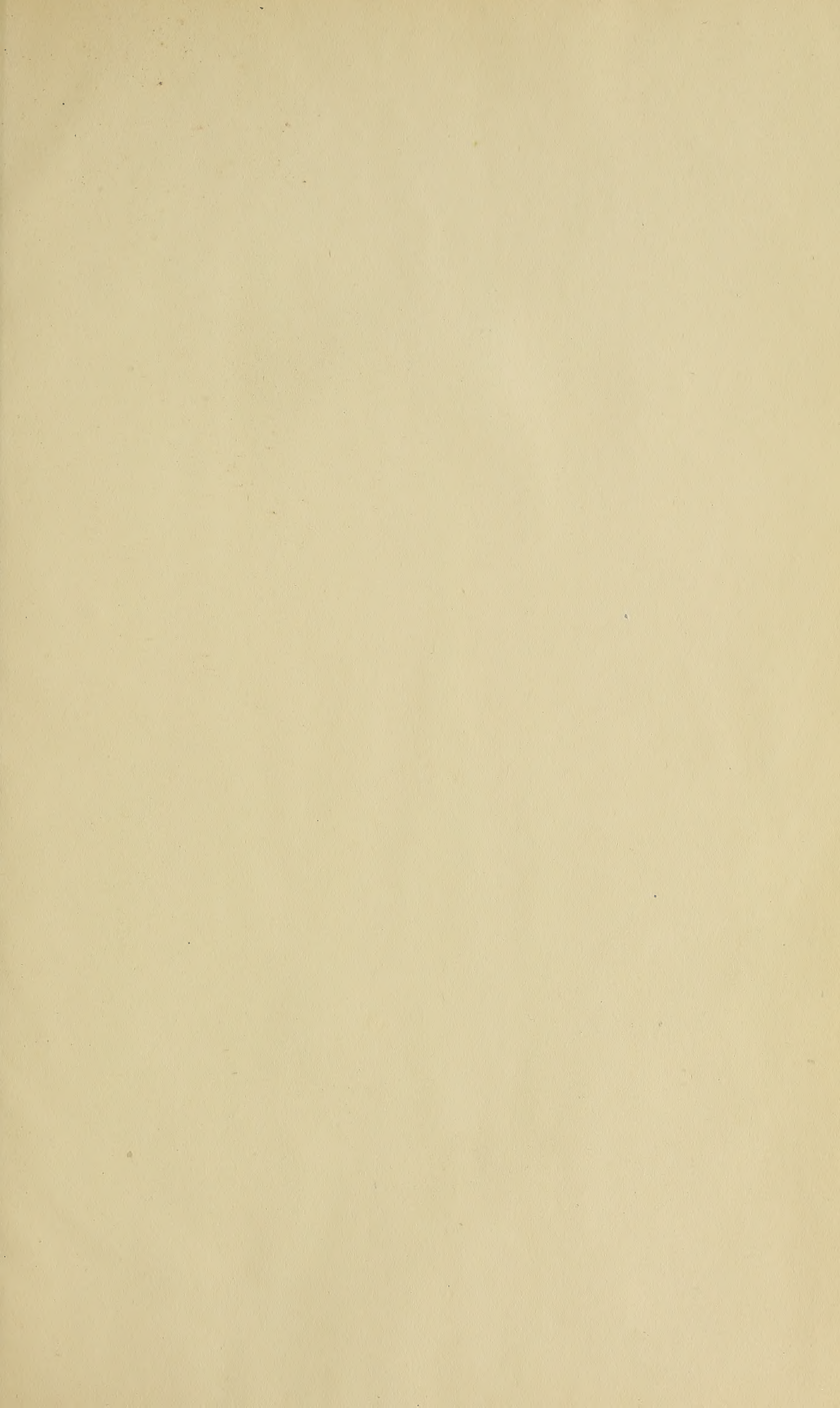

















SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01304 8178